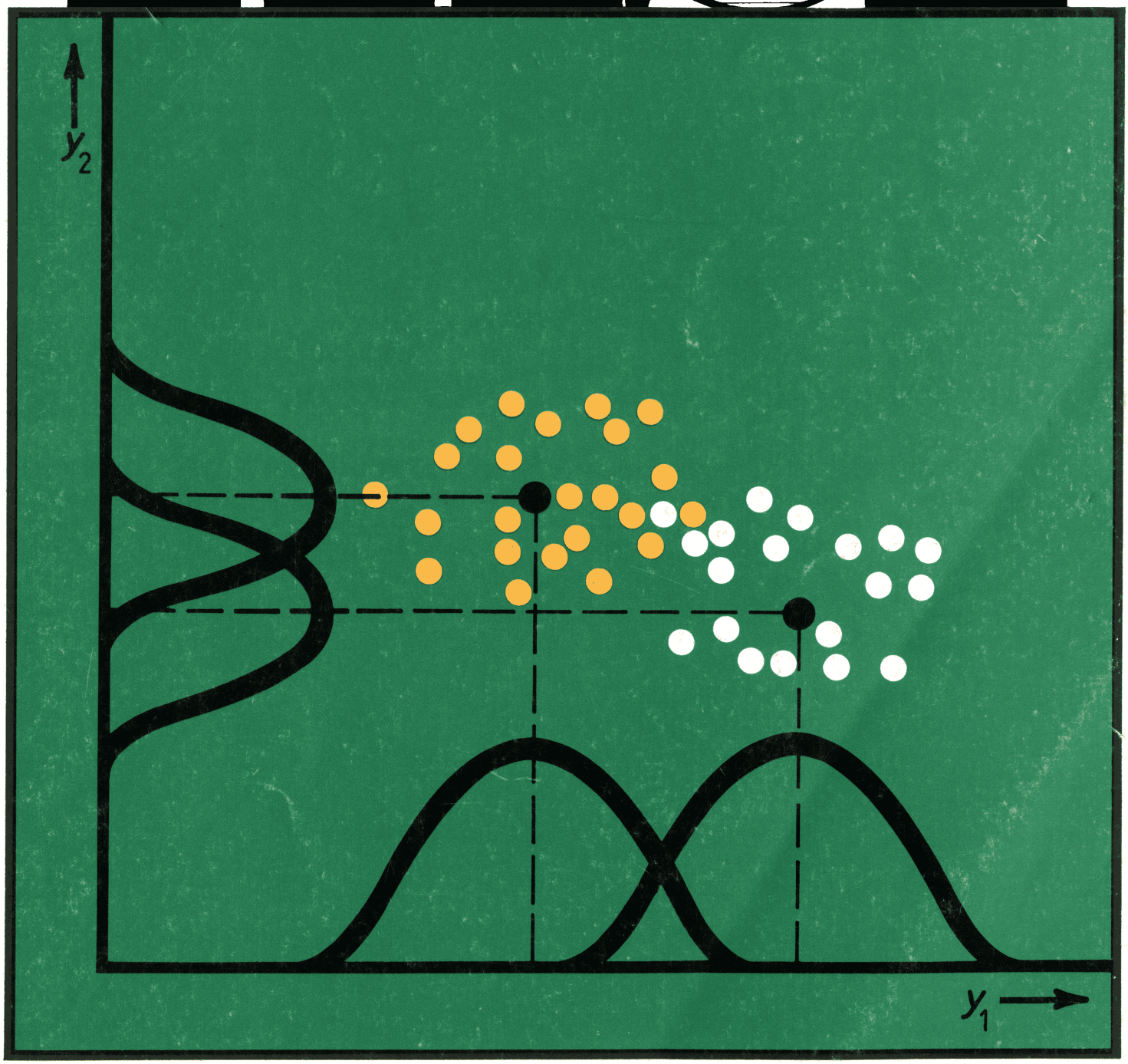
JJE
VEB Ammendorfer Plastwerk
VEB
Ammendorfer
Plastwerk
Wissenschaftliche
Bibliothek - PSF 19
Halle 4073

messen ■ steuern ■ regeln

msr



VEB Verlag Technik Berlin
EVP: 4,– M
ISSN 0026-0347

8/89

Wissenschaft — Technik — Produktion

Im 40. Jahr nach Gründung der DDR können wir mit Freude und Stolz feststellen, daß die Wissenschafts- und Hochschulpolitik in unserem Staat auch an der Ingenieurhochschule Mittweida reiche Früchte trägt. Die Ingenieurhochschule Mittweida hat sich zu einem Zentrum der Aus- und Weiterbildung für die Gebiete Informationstechnik, Gerätetechnik und Mikroelektronik, mathematisch-physikalische und technikwissenschaftliche Forschung für neue Erzeugnisse und Technologien des elektronischen Gerätebaus und Entwicklung, Konstruktion und Fertigung wissenschaftlicher Geräte entwickelt. Mit Hilfe der Koordinierungs- und Leistungsverträge mit den Kombinaten Carl Zeiss JENA, Robotron Dresden, Nachrichtenelektronik Berlin und Elektronische Bauelemente Teltow gelang es der Ingenieurhochschule Mittweida, in der Forschung höhere Maßstäbe anzulegen, die Ziele konkreter und verbindlicher zu fixieren und auf folgende Hauptrichtungen des wissenschaftlich-technischen Fortschritts im elektronischen Gerätebau zu orientieren:

- Systeme der Labor- und Experimentautomatisierung und Kommunikationstechnik
- Meß- und Prüftechnik elektronischer Baugruppen
- rechnerunterstützte Konstruktion und Technologie im elektronischen Gerätebau
- spezielle Fertigungstechniken im elektronischen Gerätebau.

Dabei ist das Verständnis der Partnerkombinate gewachsen, daß Entscheidungen zur Forschung an einer Hochschule immer in untrennbarer Einheit mit der Sicherung des Bildungsvorlaufes, d. h. der Ausbildung der Studenten, der Qualifizierung des wissenschaftlichen Nachwuchses und der Weiterbildung von Praxiskadern, zu treffen sind.
Die gegenwärtige Forschungskooperation schließt nach anfänglichem Zögern das gemeinsame verbindliche Wirken für eine moderne leistungsstarke materiell-technische Basis mit ein.
Die Weiterbildung wurde als eine der Ausbildung gleichrangige Aufgabe weiter profiliert. Dabei konzentriert sich die Hochschule in Abstimmung mit den Kombinaten auf folgende Formen:

- Lehrgänge zur Information über die internationale Wissenschaftsentwicklung, neue Trends und Anwendungsmöglichkeiten
- wissenschaftliche Informationsveranstaltungen zu neuesten Erkenntnissen der eigenen Forschung zur Beschleunigung des Transfers wissenschaftlicher Ergebnisse
- Nutzung der außerplanmäßigen und planmäßigen Aspiranturen zur verstärkten wissenschaftlichen Qualifizierung befähigter Ingenieure der Kombinate und Betriebe.

Besonderen Zuspruch fanden die Weiterbildungsangebote:

- Entwurf, Fertigen und flexibles Bestücken von Leiterplatten einschließlich SMD
- Grundlagen und Anwendung der Lasertechnologie
- Experimentautomatisierung — Computer für Meßdatenerfassung und -auswertung.

Mit dem Blick auf den XII. Parteitag im Mai 1990 orientiert die Hochschule auf eine höhere Qualität der konzeptionellen wissenschaftsstrategischen Arbeit zur Bestimmung der perspektivischen Ziele und Aufgaben im Zeitraum von 1991 bis 1995.
Diese anspruchsvolle Zielstellung wird mit dem Suchen nach umfassenden Möglichkeiten zur Intensivierung und Rationalisierung unserer wissenschaftlichen Arbeit verbunden.

Dabei werden die Höhepunkte

* 8. 5. 1992: 125 Jahre Ingenieurausbildung in Mittweida
* 1. 9. 1994: 25 Jahre Ingenieurhochschule Mittweida

Möglichkeiten bieten, Erreichtes abzurechnen und zu prüfen, inwieweit die folgenden Grundorientierungen erfüllt wurden:

- Hauptanliegen der Ingenieurhochschule Mittweida ist es, einen höheren Beitrag zum Bildungsverlauf durch Ausbildung von Ingenieuren in den Fachrichtungen Informationstechnik, Gerätetechnik und Mikroelektronik für die Entwicklung des elektronischen Gerätebaus der DDR zu leisten.
- Die Weiterbildung in der Praxis tätiger Ingenieure ist auf das Ziel zu orientieren, ihre Leistungsfähigkeit zu steigern und sie auf die Schwerpunkte elektronischer Geräte- und Technologieentwicklungen zu fixieren.
- Die wissenschaftliche Arbeit wird in enger Kooperation mit den Industriekombinaten auf ausgewählte Gerätelinien und Fertigungstechniken konzentriert.
- Die Leistungen im wissenschaftlichen Gerätebau werden durch Vertiefung und Erweiterung der Kooperation mit den Instituten der Akademien der DDR und den Hochschulen auf den Gebieten Experimentautomatisierung, Leiterplattenfertigung und Baugruppenfertigung wesentlich gesteigert.

Der Stand der praktischen Realisierung der Verbindung von Wissenschaft und Produktion der Ingenieurhochschule Mittweida mit den Kombinaten und Betrieben des Industriezweiges Elektrotechnik/Elektronik wird durch die aktive Teilnahme und Mitwirkung vieler Ingenieure aus diesem Bereich zur 9. Internationalen Wissenschaftlichen Konferenz der Ingenieurhochschule Mittweida demonstriert. Unter dem Thema „Entwicklung, Konstruktion und Fertigung im elektronischen Gerätebau — Mikroelektronik für die Volkswirtschaft —" werden in den Tagungsgruppen

A 1: Werkstoffe, Verfahren, Ausrüstungen und Rationalisierungsmittel im elektronischen Gerätebau
A 2: Rechnerunterstützte Lösungen von Aufgaben der Konstruktion, Technologie, Planung und Steuerung im elektronischen Gerätebau
B 1: Prüfung und Testung von Baugruppen und Geräten
B 2: Nachrichten- und Steuerungstechnik
C: Gerätetechnische Entwicklung im wissenschaftlichen Gerätebau

Partner aus Industrie und wissenschaftlichen Einrichtungen den Erfahrungsaustausch und wissenschaftlichen Meinungsstreit pflegen. Viele neue Gedanken und Anregungen werden die Arbeit an unserer Hochschule beflügeln. Die 9. Internationale Wissenschaftliche Konferenz vom 12. bis 14. September 1989 wird sich zu einem würdigen Beitrag im 40. Jahr der DDR gestalten.

Für den Vorabdruck einer Auswahl von Konferenzbeiträgen im vorliegenden Heft der Zeitschrift „messen · steuern · regeln" gebührt der Redaktion unser herzlicher Dank. Damit werden wissenschaftliche Ergebnisse der Ingenieurhochschule Mittweida dem Leserkreis und somit auch vielen Partnern und Freunden der Hochschule bekannt gemacht.

Prof. Dr. sc. nat. GERHARD ZSCHERPE, Rektor der Ingenieurhochschule Mittweida

msr
messen ■ steuern ■ regeln

Wissenschaftlich-technische Zeitschrift für die Automatisierungstechnik

Herausgeber:
Wissenschaftlich-Technische Gesellschaft für Meß- und Automatisierungstechnik (WGMA) in der KDT

Redaktionsbeirat:
Dr. rer. nat. A. BORGWARDT, Prof. Dr. sc. techn. G. BRACK, Dr.-Ing. H.-H. EHLERT, Prof. Dr. sc. techn. W. FRITZSCH, Prof. Dr. sc. techn. H. FUCHS, Dr. rer. nat. H. GENA, Dipl.-Ing. H. GOTTSCHALK, Dr.-Ing. K. HILSCHER, Prof. Dr.-Ing. habil. D. HOFMANN, Dr.-Ing. G. MEISTER, Dr.-Ing. J. MÜLLER, Prof. Dr. sc. techn. R. MÜLLER, Prof. Dr. sc. techn. P. NEUMANN, Prof. Dr.-Ing. S. PILZ, Prof. em. Dr. sc. techn. Dr.-Ing. E. h. K. REINISCH, Prof. Dr. sc. techn. W. RICHTER, Dr.-Ing. H. SCHULZE, Prof. Dr. sc. techn. H. TÖPFER, Prof. Dr. sc. oec. G. VIEHWEGER, Prof. Dr. sc. techn. W. WELLER, Prof. Dr. sc. techn. J. WERNSTEDT

Zum Titelbild:

Eine charakteristische Forderung an die Entwicklung von flexibel automatisierten Fertigungslinien besteht im Übergang zur fehlerverhütenden Qualitätssicherung. In diesem Zusammenhang kommt auch der linearen Diskriminanzanalyse Bedeutung zu. Unser Titelbild zeigt die Zuordnung zweier Qualitätsmerkmale zu zwei Klassen.
Mehr zu dieser aktuellen Problematik vermittelt unser Beitrag auf S. 338.

Titelgrafik: G. SCHWESINGER

8
1989

32. Jahrgang
August 1989

ISSN 0026-0347

VEB
VERLAG TECHNIK
BERLIN

Aufsätze

L. Höhne und *C. Morgenstern*
Anwendung von Methoden der Objekterkennung zur Sicherung der Qualität und Zuverlässigkeit von Erzeugnissen 338

A. Biermann und *H. Wolf*
Aufbau eines Programms zur Prüfung von Steuereinrichtungen 343

B. Lange
Simulation von Prozeßabläufen am PC zum Test von Steuerungen 345

H. Gebhardt und *K. Müller*
Computersystem zum Entwurf und zur Simulation digitaler Regelungen für mechanische Systeme 347

H. Friedrich
Mikroprozessoreinsatz im Chemielabor 351

J. Košturiak und *M. Gregor*
Neue Prinzipien in der FFS-Modellierung und -Simulation 353

L. Rothe
Rezeptive Sensorkomponenten für den Spektralbereich der Mikro- und Millimeterwellen 356

Fortsetzungsreihen 361
Aus der Arbeit der WGMA 364
Tagungen und Kolloquien 364
Dissertationen 367
Buchbesprechungen 373
Abonnement 1990 381
Neue Bücher aus der UdSSR 384
Vorschau und Kurzinformationen 3. US

L. Höhne, C. Morgenstern

Anwendung von Methoden der Objekterkennung zur Sicherung der Qualität und Zuverlässigkeit von Erzeugnissen

0. Einleitung

Die Entwicklung von flexibel automatisierten Fertigungslinien bringt zwangsläufig veränderte Forderungen an die Qualitätssicherung mit sich. Dazu gehört beispielsweise der Übergang von der bisher prüfungsorientierten Qualitätssicherung zur fehlerverhütenden Qualitätssicherung. Das heißt, der Aufgabenbereich der Qualitätssicherung muß zukünftig nicht nur die Qualitätsprüfung, sondern auch die Qualitätsplanung, -überwachung und -steuerung umfassen, um einerseits den gestiegenen Qualitätsanforderungen zu genügen und andererseits die Fehlerkosten so gering wie möglich zu halten.
In der gegenwärtigen Praxis ist der Trend erkennbar, daß die Prüfzertifikate des Lieferers für den Abnehmer verbindlich sind und somit Wareneingangsprüfungen beim Abnehmer nicht mehr durchgeführt werden.
Die Haupteinflußfaktoren auf die Endqualität eines Erzeugnisses sind:

— die konstruktive Gestaltung des Erzeugnisses
— das Niveau der Technologie und Fertigungstechnik
— die Qualität der Eingangsmaterialien und Halbfabrikate.

Da im technologischen Prozeß (TP) die Qualitätsmerkmale der Erzeugnisse von vielen Einflußgrößen abhängen, sollte für die Qualitätssicherung auf eine Prognose der Qualitätsmerkmale und Zuverlässigkeitskenngrößen der Erzeugnisse bereits zu einem frühen Stadium der Fertigung orientiert werden. Die Ergebnisse der Prognose können rückwirkend zur Steuerung der Qualität und Zuverlässigkeit der Erzeugnisse verwendet werden. Diese neue Verfahrensweise wird erst durch die Verfügbarkeit leistungsfähiger und auch kostengünstiger Computertechnik, die in praktisch allen technologischen Prozessen eingesetzt werden kann, diskutabel.
Die Prognose ist dabei untrennbar von der Kontrolle der Ergebnisse der technologischen Operationen (prozeßintegrierte Meßtechnik) und sollte deren Bestandteil sein. Auf diese Weise ist es möglich, auch komplizierte technologische Prozesse zu steuern und Störungen im Prozeß schnell zu erkennen und zu beseitigen. Die Verarbeitung der sich ergebenden sehr umfangreichen Datenmenge muß unter Echtzeitbedingungen erfolgen, um ein schnelles Reagieren auf Fehlerzustände im Produktionsablauf zu ermöglichen und damit die Ausschuß-, Nacharbeits- und Gewährleistungskosten so gering wie möglich zu halten.

Dipl.-Ing. Lissy Höhne (26) studierte von 1982 bis 1986 an der Ingenieurhochschule (IH) Mittweida, Sektion Technologie des elektronischen Gerätebaus. Seit 1986 Forschungsstudentin am WB Prozeßtechnologie der IH Mittweida.

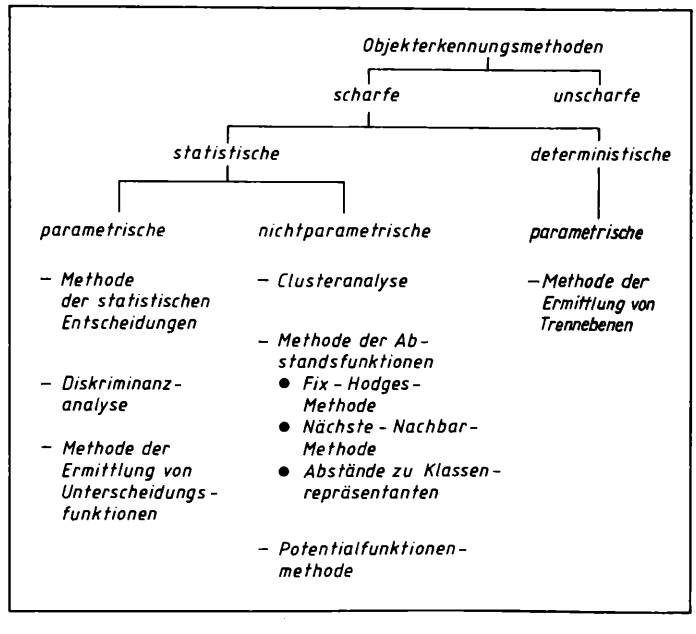
Doz. Dr. sc. techn. Claus Morgenstern (40) studierte von 1969 bis 1973 an der Ingenieurhochschule (IH) Mittweida, Sektion Technologie des elektronischen Gerätebaus. Von 1973 bis 1979 Forschungsstudent und wissenschaftlicher Assistent am WB Prozeßtechnologie der IH Mittweida. 1978 Promotion A. Von 1979 bis 1982 Abteilungsleiter F/E im VEB NARVA „Rosa Luxemburg" Leuchten- und Leuchtstofflampenwerk Brand-Erbisdorf. 1985 Promotion B. Seit 1985 Dozent für Prozeßtechnologie/Informationsverarbeitung. Leiter des WB Prozeßtechnologie der IH Mittweida.

Eine weitere Forderung besteht darin, die Qualitätsmerkmale und Zuverlässigkeitskenngrößen einzelner, möglichst aller Erzeugnisse zu prognostizieren, um so die tendenzielle Verwirklichung der Strategie der Null-Fehler-Produktion zu gewährleisten. Das heißt, herkömmliche statistische Methoden, die nur Aussagen über Stichproben ermöglichen, müssen ersetzt werden durch Methoden, mit denen man Aussagen über jedes einzelne Erzeugnis treffen kann.
Bei der Anwendung von Stichprobenplänen zur Qualitätskontrolle sind im Interesse einer hohen technologischen Zuverlässigkeit AQL-Werte (Acceptable Quality Level) von 1% in der flexibel automatisierten Fertigung i. allg. nicht mehr vertretbar.
Um allen genannten Forderungen entsprechen zu können, müssen neue Verfahren der Qualitätssicherung eingesetzt werden. Die folgenden Ausführungen haben das Ziel, neue Möglichkeiten zur Qualitätssicherung durch Anwendung der Methoden der Objekterkennung zu zeigen.
Eine Übersicht über den Methodenkomplex der Objekterkennung ist im Bild 1 dargestellt [1]. Nähere Erläuterungen der Methoden findet man beispielsweise in [1] bis [3].

1. Kontroll-Prognose-System

Die Qualitätssicherung technischer Erzeugnisse mit Hilfe von Objekterkennungsmethoden kann in Form eines Kontroll-Prognose-Systems realisiert werden [4]. Es hat die Aufgabe, die Endqualität der Erzeugnisse schon während des Herstellungsprozesses zu prognostizieren, um damit frühestmöglich erkennen zu können, ob die Gefahr einer Produktion von Ausschuß existiert.
Im Bild 2 ist ein technologischer Prozeß mit mehreren Prozeßstufen dargestellt, nach deren Durchlauf die Herstellung des entsprechenden Erzeugnisses abgeschlossen ist. Die Aufgabe besteht nun darin, die Qualitätsmerkmale des hergestellten Erzeugnisses

Bild 1. Übersicht zu Objekterkennungsmethoden



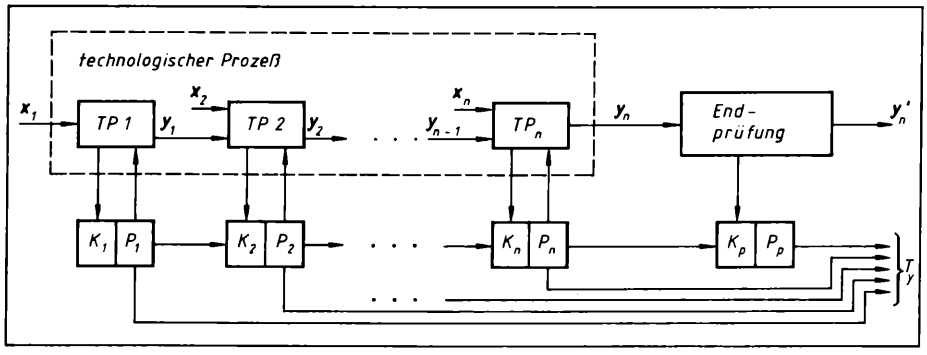


Bild 2.
Kontroll-Prognose-System
x_i Vektor der Qualitätsmerkmale der Materialien und Halbfabrikate, die in die Teiloperationen TP_i eingehen; y_i Zustandsvektor des Erzeugnisses nach der i-ten technologischen Operation TP_i; y_n Vektor zur Charakterisierung der Endqualität des Erzeugnisses; T_y Lebensdauer des Erzeugnisses; y'_n Vektor zur Charakterisierung der Qualität des Erzeugnisses nach statischer und dynamischer Prüfung; K Kontrolle; P Prognose

zu messen und zu ermitteln, auf welche Weise die einzelnen technologischen Operationen TP_i, $i = 1, \ldots, n$, auf die Qualitätsmerkmale wirken.

Der Zustand des Halbfabrikates bzw. Erzeugnisses in den verschiedenen Stadien der Herstellung soll durch einen Vektor y charakterisiert werden. Das Endprodukt wird durch den Vektor y_n charakterisiert.

Der Einfluß einer bestimmten technologischen Operation auf die Endqualität des Erzeugnisses kann nur in dem Fall ausreichend effektiv geschätzt werden, wenn nach jeder Operation eine Prognose realisiert wird, um y_n, den Zustand des fertigen Erzeugnisses, und die Lebensdauer T_y des Erzeugnisses vorherzusagen. Die Lösung dieser Aufgabe kann mit Hilfe eines Kontroll-Prognose-Systems erfolgen, das es ermöglicht, operativ in die Folge der technologischen Operationen einzugreifen und solche Entscheidungen zu treffen, die gewährleisten, daß y_n und T_y in den zulässigen Bereichen liegen. Die Arbeit der K-P-Blöcke besteht darin, die einzelnen Prozeßschritte zu analysieren, die laufende Information zu verarbeiten und anschließend eine Prognoseentscheidung zu treffen, die in die dargestellten 3 Richtungen eingeht. Der dafür erforderliche mathematische Apparat basiert auf den Methoden der Objekterkennung.

Um die Vorteile der Anwendung der Methoden der Objekterkennung zur Qualitätssicherung verdeutlichen zu können, soll für die weiteren Ausführungen nur eine Teilaufgabe ausgewählt werden: Die Prognose der Zuverlässigkeit eines Erzeugnisses auf der Grundlage der Endqualitätsparameter des Erzeugnisses $y_n(t_0)$, die im technologischen Prozeß realisiert wurden, und des Verhaltens dieser Qualitätsmerkmale während einer bestimmten Testdauer $y_n(t_1), \ldots, y_n(t_j)$ im Rahmen der Erzeugnisendprüfung.

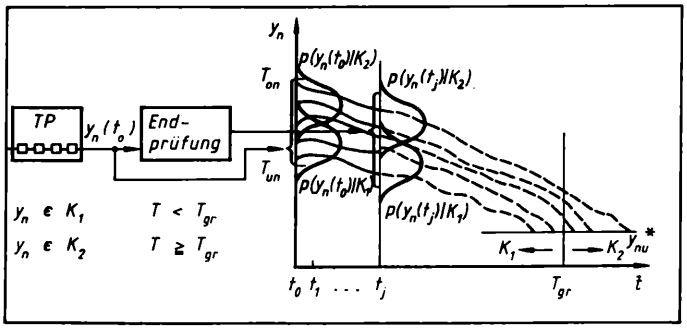


Bild 3. Zuverlässigkeitsprognose mit Hilfe von Objekterkennungsmethoden
T_{on} (T_{un}) obere (untere) Toleranzgrenze des Qualitätsmerkmals y_n des Erzeugnisses; y^*_{nu} Ausfallkriterium; T_{gr} festgelegter Grenzwert (z. B. Garantiezeit)

Die Problemstellung ist im Bild 3 für ein Qualitätsmerkmal y_n dargestellt. Der Bereich zwischen T_{on} und T_{un} stellt das Toleranzintervall dar, in dem das Qualitätsmerkmal des Erzeugnisses bei qualitätsgerechter Produktion liegen muß. Die Klasse K_1 umfaßt die Erzeugnisse, deren Lebensdauer kleiner als ein bestimmter, festgelegter Grenzwert T_{gr} ist, und K_2 ist die Klasse der Erzeugnisse mit einer Lebensdauer $T \geqq T_{gr}$.

Zur Lösung der gestellten Aufgabe mit Hilfe von Objekterkennungsmethoden muß zunächst aus dem großen Methodenkomplex (Bild 1) eine geeignete Methode ausgewählt werden.

2. Auswahl einer geeigneten Objekterkennungsmethode

Für die Auswahl einer geeigneten Objekterkennungsmethode (Bild 4) sind folgende Gesichtspunkte maßgeblich: Sie sollte aus dem Zweig der scharfen Betrachtungsweise gewählt werden, wenn meßbare Qualitätsmerkmale vorliegen.

Unscharfe Klassifikationsmethoden müssen angewendet werden, wenn

- Qualitätsmerkmale vorliegen, die nur qualitativ beschreibbar sind
- ungenau formulierbare Beziehungen zwischen den einzelnen Merkmalen der Erzeugnisse bestehen.

Da die Qualitätsmerkmale von Erzeugnissen aufgrund der Vielzahl von zufälligen Einflußfaktoren (z. B. Qualität der Eingangsmaterialien, technologische und umgebungsbedingte Einflußfaktoren) als Zufallsgrößen aufgefaßt werden müssen, sollte ein geeignetes Verfahren aus dem Zweig der statistischen Methoden gewählt werden.

In vielen Fällen kann angenommen werden, daß die Qualitätsmerkmale zumindest näherungsweise normalverteilt sind. Es kann also eine statistische, parametrische Methode zur Anwendung kommen, die die Kenntnis der Normalverteilung der Qualitätsmerkmale in den Klassen beim Aufbau des Klassifikators einbezieht. In diesem Fall kommen die Methode der statistischen Entscheidungen und die Diskriminanzanalyse in Betracht. Die Annahme über die Normalverteilung kann mit dem Kolmogorov-Test (falls $N_k < 30$) oder χ^2-Anpassungstest (falls $N_k \geqq 30$) überprüft werden.

2.1. Methode der statistischen Entscheidungen

Es gibt verschiedene Optimierungsstrategien zum Aufbau des Klassifikators. Die Wahl der Strategie sollte von der entsprechenden Aufgabenstellung und der vorhandenen A-priori-Information über das Problem abhängig gemacht werden.

Der bayesoptimale Klassifikator beruht auf einer Minimierung der mittleren Kosten. Unter der Bedingung, daß die Kosten, die bei Rückweisung eines Objektes entstehen, gleich den Verwechslungskosten sind, ergibt sich bei Anwendung dieses Klassifikators eine minimale Fehlerrate. Bei Klassifikation unbekannter Objekte (Erzeugnisse), beschrieben durch den Vektor der Qualitätsmerkmale y, entscheidet der bayesoptimale Klassifikator für die Klasse K_k ($k = 1, \ldots, K$), deren A-posteriori-Wahrscheinlichkeit $p(K_k \mid y)$ maximal ist. Die Entscheidungsregel lautet demnach:

$$e(y) = \arg \sum_{k=1}^{K} \max g_k(y) \tag{1}$$

mit

$$g_k(y) = p(K_k \mid y) = \frac{P(K_k)\, p(y \mid K_k)}{\sum_{k=1}^{K} P(K_k)\, p(y \mid K_k)} \tag{2}$$

K Anzahl der Klassen; $P(K_k)$ A-priori-Wahrscheinlichkeit der Klassen; $p(y \mid K_k)$ mehrdimensionale bedingte Dichte des Vektors Y der Klasse K_k

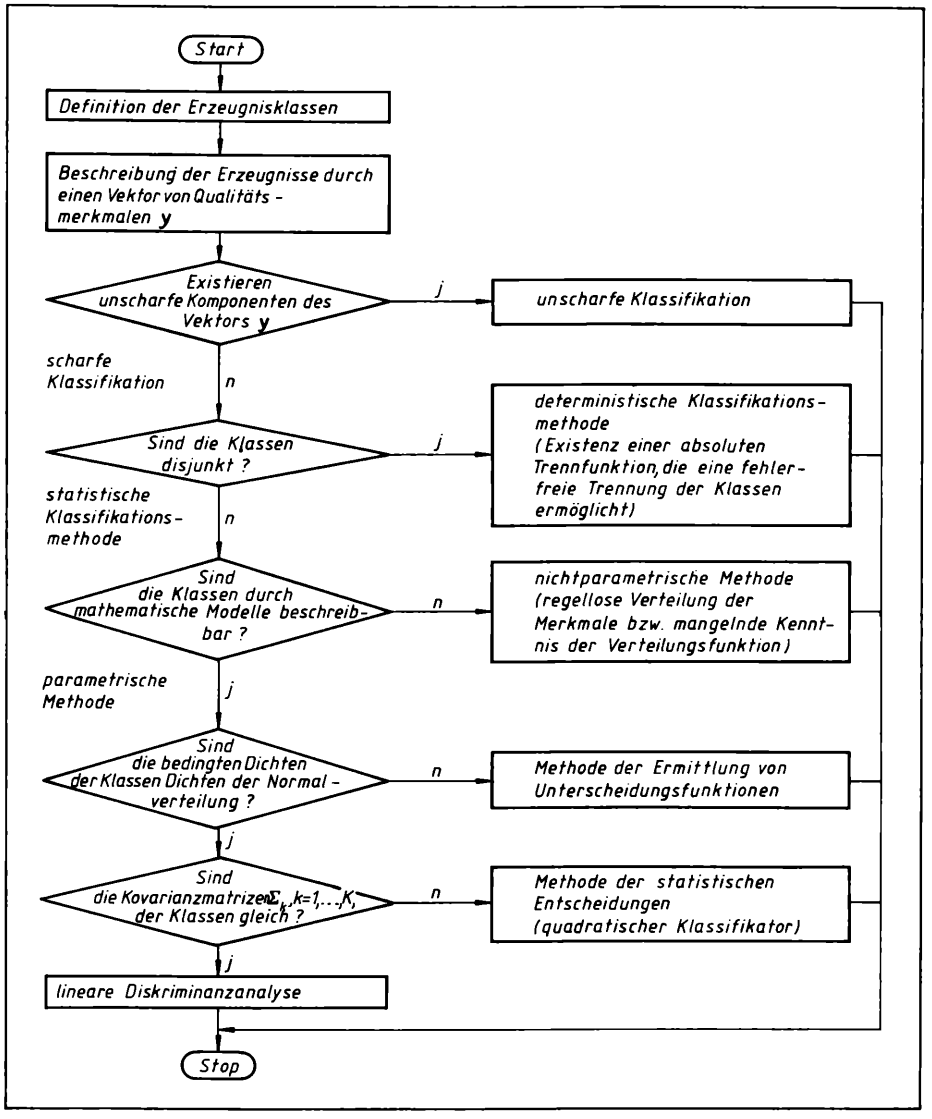


Bild 4.
Algorithmus zur Auswahl einer geeigneten Objekterkennungsmethode

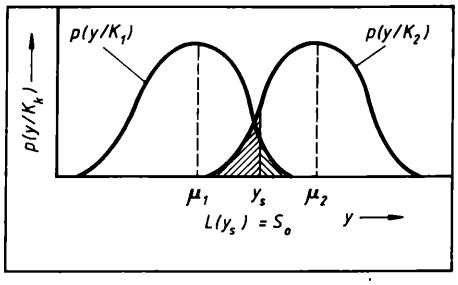


Bild 5. Grundidee der Methode der statistischen Entscheidungen, eindimensionaler Fall

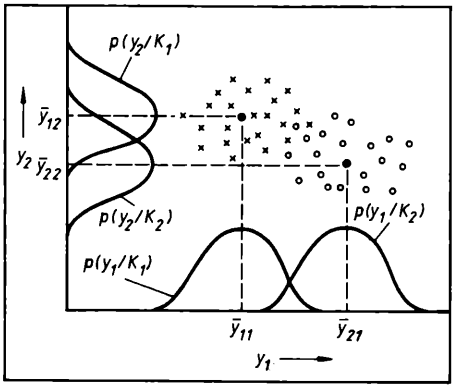


Bild 6. Raum der Originalmerkmale

Da der Ausdruck unter dem Bruchstrich in (2) nicht von k abhängt, kann man auf ihn ohne Veränderung der Wirkung der Unterscheidungsfunktion $g_k(y)$ verzichten. Weiterhin ist es günstiger, mit dem Logarithmus der Funktion (2) zu arbeiten, da die Gleichung für die Dichte der Normalverteilung einen Exponenten enthält. Dies ist möglich aufgrund der Monotonieeigenschaft der Logarithmusfunktion:

$$g_k(y) = \ln\left(P(K_k)\, p(y \mid K_k)\right) =$$

$$= \ln P(K_k) - \frac{m}{2}\ln 2\pi - \frac{1}{2}\ln|\Sigma_k| -$$

$$- \frac{1}{2}(y-\mu_k)^T \Sigma_k^{-1}(y-\mu_k)\,. \tag{3}$$

m Anzahl der Merkmale; Σ_k Kovarianzmatrix der Klasse K_k; $|\Sigma_k|$ Determinante der Matrix Σ_k; μ_k Erwartungswertvektor der Klasse K_k

Die Kenngrößen μ_k und Σ_k sowie die A-priori-Wahrscheinlichkeiten $P(K_k)$ der Klassen können anhand einer Lehrfolge vom Umfang N geschätzt werden:

$$\hat{\mu}_k = \bar{y}_k = \frac{1}{N_k}\sum_{n=1}^{N_k} y_{kn}\,, \tag{4}$$

$$\hat{\Sigma}_k = S_k = \frac{1}{N_k - 1}\sum_{n=1}^{N_k}(y_{kn} - \bar{y}_k)(y_{kn} - \bar{y}_k)^T\,, \tag{5}$$

$$\hat{P}(K_k) = \frac{N_k}{N}\,. \tag{6}$$

Unter einer Lehrfolge soll dabei eine repräsentative Stichprobe verstanden werden, in der Objekte (Erzeugnisse) aus allen Klassen enthalten sind. Die Klassenzugehörigkeit dieser Erzeugnisse muß in Abhängigkeit von den Merkmalen y, die sie charakterisieren, bekannt sein.

Für den Fall zweier Klassen kann das Problem vereinfacht werden auf einen Schwellwertvergleich. Im Bild 5 ist dieser Sachverhalt für den Fall, daß die Erzeugnisse nur durch einen Qualitätsparameter y beschrieben werden, dargestellt.

Als Entscheidungsmodell wird der Likelihood-Quotient verwendet:

$$L'(y) = \ln L(y) = \ln\frac{p(y \mid K_1)}{p(y \mid K_2)}\,, \tag{7}$$

$$L'(y) = \frac{1}{2}\ln\frac{|\Sigma_2|}{|\Sigma_1|} - \frac{1}{2}(y-\mu_1)^T \times$$

$$\times\, \Sigma_1^{-1}(y-\mu_1) + \frac{1}{2}(y-\mu_2)^T \Sigma_2^{-1}(y-\mu_2)\,. \tag{8}$$

Ist nun für ein Erzeugnis zu entscheiden, welcher der beiden Klassen es zugeordnet werden kann, so wird der gemessene Vektor y der Qualitätsmerkmale, die dieses Erzeugnis charakterisieren, in das Modell eingesetzt. Der errechnete Wert $L'(y)$ wird anschließend mit einem bestimmten Schwellwert S_0 verglichen und entsprechend der Entscheidungsregel

$$e(y) = \begin{cases} K_1\,, & \forall y \mid L'(y) \geqq S_0 \\ K_2\,, & \text{sonst} \end{cases} \tag{9}$$

erfolgt die Klassifizierung des Erzeugnisses. Die Festlegung des Schwellwertes hängt von der gewählten Optimierungsstrategie ab.

Für den bayesoptimalen Klassifikator ist der Schwellwert durch

$$S_0 = \ln \frac{P(K_2)}{P(K_1)}$$

definiert, unter der Voraussetzung, daß die Rückweisungskosten gleich den Verwechslungskosten sind. Da der 1. Term in (8) von y unabhängig ist, kann man ihn als konstante Größe in den Schwellwert einbeziehen:

$$S_0^* = \ln \frac{P(K_2)}{P(K_1)} - \frac{1}{2} \ln \frac{|S_2|}{|S_1|}, \tag{10}$$

S_k geschätzte Kovarianzmatrix der Klasse K_k (k = 1,2)

so daß in (8) nur die von y abhängigen Glieder eingehen:

$$\ln L^*(y) = -\frac{1}{2}(y - \bar{y}_1)^T S_1^{-1}(y - \bar{y}_1) + \\ + \frac{1}{2}(y - \bar{y}_2)^T S_2^{-1}(y - \bar{y}_2). \tag{11}$$

$\bar{y}_k$ Mittelwertvektor der Klasse K_k

Sind jedoch die Kovarianzmatrizen der Klassen gleich, so ist die Anwendung der linearen Diskriminanzanalyse vorteilhafter. Ein Vorteil dieser Methode besteht in der Güte der Schätzungen für die Kovarianzmatrizen der Klassen. Wenn beispielsweise der Umfang der Lehrfolge für die einzelnen Klassen sehr klein ist, dann erscheint es als sehr unwahrscheinlich, daß die Hypothese über die Gleichheit der Kovarianzmatrizen Σ_k abgelehnt wird. Wenn also die geschätzten Kovarianzmatrizen S_k statistisch nicht verschieden sind, kann man vorteilhafter mit der gemittelten Kovarianzmatrix S arbeiten, die auf der Grundlage aller Objekte der Lehrfolge geschätzt wurde.

Als weiterer Vorteil muß hervorgehoben werden, daß bei gleichen Kovarianzmatrizen die Dimension des Merkmalsraumes reduziert werden kann (im Falle $K \leqq m$) durch Anwendung einer linearen Transformation der Merkmale im Rahmen der Diskriminanzanalyse. Da die Diskriminanzmerkmale, die durch Auflösung des Eigenwertproblems:

$$\frac{1}{N-K} \boldsymbol{H} \boldsymbol{e}_j = \lambda_j \boldsymbol{S} \boldsymbol{e}_j \tag{12}$$

mit

$$\boldsymbol{H} = \sum_{k=1}^{K} N_k (\bar{\boldsymbol{y}}_k - \bar{\boldsymbol{y}})(\bar{\boldsymbol{y}}_k - \bar{\boldsymbol{y}})^T, \tag{13}$$

$$\bar{\boldsymbol{y}} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^{K} N_k \bar{\boldsymbol{y}}_k$$

N Umfang der Lehrfolge; λ_j die von Null verschiedenen, charakteristischen Wurzeln des Eigenwertproblems, $j = 1, \ldots, \min(m, K-1)$; $\boldsymbol{e}_j$ zugehörige Eigenvektoren, $j = 1, \ldots, \min(m, K-1)$; $\boldsymbol{H}$ Matrix der Kreuzprodukte zwischen den Klassen (Interklassenstreuungen); $\bar{\bar{\boldsymbol{y}}}$ Mittelwertvektor über alle Klassen

erhalten werden, nach fallendem Trennmaß bezüglich der Klassen geordnet sind, entsteht zusätzlich die Möglichkeit der grafischen Darstellbarkeit des Problems im 2- bzw. 3-dimensionalen Raum, der durch die ersten, signifikantesten Diskriminanzmerkmale aufgespannt wird. Dabei muß erwähnt werden, daß beispielsweise im Falle zweier Klassen nur **ein** Diskriminanzmerkmal erhalten wird, das das gleiche Trennmaß zur Unterscheidung der beiden Klassen hat wie alle m Originalmerkmale zusammen.

Die Gleichheit der Kovarianzmatrizen kann anhand der Methode der Koalitionen [5] und [8] nachgewiesen werden.

2.2. Lineare Diskriminanzanalyse [1] [7] und [9]

Die lineare Diskriminanzanalyse ist ein auf FISHER zurückgehendes, multivariates statistisches Analyseverfahren.

Bei vorgegebener Menge von Merkmalen $y = (y_1, \ldots, y_m)^T$, die zwei oder auch mehrere Klassen charakterisieren, ist das Grundziel der linearen Diskriminanzanalyse das Auffinden der Diskriminanzfunktionen:

$$v_t = d_{1t} y_1 + d_{2t} y_2 + \ldots + d_{mt} y_m = \boldsymbol{d}_t^T \boldsymbol{y}, \tag{15}$$

v_t elementares Diskriminanzmerkmal, $t = \min(m, K-1)$; $\boldsymbol{d}$ Koeffizientenvektor

die anschließend zur Klassifikation unbekannter Objekte (Erzeugnisse) genutzt werden.

Zum besseren Verständnis soll das Grundprinzip der Methode am Beispiel zweier Klassen K_1 und K_2 erläutert werden. Die Erzeugnisse der Klassen werden durch zwei Qualitätsmerkmale y_1 und y_2 beschrieben. Das Problem ist im Bild 6 dargestellt. Die Erzeugnisse der ersten Klasse in der Lehrfolge sind durch Kreuze gekennzeichnet, die der zweiten Klasse durch Kreise. Auf den Achsen wurden die bedingten Dichten von y_l, $l = 1,2$, unter der Bedingung, daß die Erzeugnisse zur Klasse K_1 bzw. K_2 gehören, angetragen.

In der Lernphase wird die lineare Diskriminanzfunktion

$$v = d_1 y_1 + d_2 y_2 = \boldsymbol{d}^T \boldsymbol{y} \tag{16}$$

mit Hilfe dieser Lehrfolge aufgebaut, wobei der Koeffizientenvektor $\boldsymbol{d}$ so bestimmt wird, daß der Quotient

$$Q = \frac{(\bar{v}_1 - \bar{v}_2)^2}{\sum_{k=1}^{2} \sum_{n=1}^{N_k} (v_{kn} - \bar{v}_k)^2} \tag{17}$$

maximal wird. Er ergibt sich zu

$$\boldsymbol{d} = \boldsymbol{S}^{-1}(\bar{\boldsymbol{y}}_1 - \bar{\boldsymbol{y}}_2). \tag{18}$$

$\boldsymbol{S}^{-1}$ inverse gemittelte Kovarianzmatrix

Damit ist eine optimale Trennung der Klassen möglich. Das neue Merkmal v ist das sogenannte elementare Diskriminanzmerkmal. Es hat in jeder Klasse den Mittelwert

$$\bar{v}_k = \boldsymbol{d}^T \bar{\boldsymbol{y}}_k, \qquad k = 1,2. \tag{19}$$

Als Streuung des Merkmals erhält man

$$s_v^2 = \boldsymbol{d}^T (\bar{\boldsymbol{y}}_1 - \bar{\boldsymbol{y}}_2). \tag{20}$$

Die Lage der Verteilungen des Merkmals v beider Klassen zueinander ermöglicht Schlußfolgerungen über die Effektivität der Klassifikation (Bild 7).

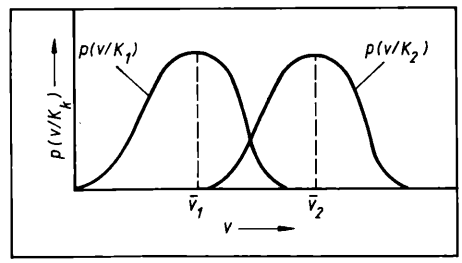


Bild 7. Raum der Diskriminanzmerkmale

Wenn sich die Dichtefunktionen $p(v \mid K_k)$ wesentlich überlappen, dann ist die Anwendung der Diskriminanzfunktion nicht effektiv. Ihre Anwendung ist nur zweckmäßig für den Fall, daß die Differenz der Mittelwerte des Diskriminanzmerkmales für jede Klasse $(\bar{v}_1 - \bar{v}_2)$ groß ist im Vergleich zu den Streuungen des Merkmales in den Klassen.

Die multivariate lineare Diskriminanzanalyse ist Bestandteil eines Softwaresystems, das in der Programmiersprache PASCAL für den Rechner A 7150 entwickelt wurde. Dieses Programm verbindet die Verfahren multivariate Diskriminanz- und Varianzanalyse. Damit besteht die Möglichkeit, daß sich der Anwender anhand der Varianzanalyse zunächst einen Überblick über die statistischen Eigenschaften des Datenmaterials verschafft, um mit Hilfe der gewonnenen Kenntnisse anschließend einen optimalen Klassifikator im Sinne minimaler Kosten anhand der Diskriminanzanalyse aufbauen zu können.

3. Praktisches Beispiel

Das Rechnerprogramm wurde bei Zuverlässigkeitsnachweisprüfungen von Kassettenrekorderlaufwerken angewendet [6]. Es bestand die Aufgabe, die bisher notwendige Testzeit von 500 h so zu reduzieren, daß bereits aus kürzeren Testzeiten eine Prognose des Zustandes einzelner Laufwerke für 500 Betriebsstunden gegeben werden kann, d. h., es sollte für einzelne Laufwerke anhand der Anfangsphase der Alterung bestimmt werden, ob ihre Lebensdauer größer oder kleiner als 500 h sein wird. Wesentliche Ausfallursachen für Kassettenrekorderlaufwerke sind zum einen zu hohe Gleichlaufschwankungen und zum anderen zu hohe Stromaufnahme. Diese beiden Parameter wurden bei Langzeituntersuchungen an 50 Kassettenrekorderlaufwerken nach einer Anfangsmessung in Abständen von 50 Betriebsstunden gemessen. In die Lehrfolge gingen $N = 45$ Kassettenrekorderlaufwerke ein. Die Klasse K_1 beinhaltet diejenigen Laufwerke, die hinsichtlich beider Kriterien bis 500 Betriebsstunden nicht ausgefallen sind ($N_1 = 38$), während die Klasse K_2 die Laufwerke beinhaltet, die im Zeitraum von $200 \leqq t \leqq 500$ Betriebsstunden ausgefallen sind ($N_2 = 7$). Von den insgesamt 77 während der Langzeituntersuchungen aufgetretenen Ausfällen waren 42 auf eine Überschreitung der maximalen Gleichlaufschwankungen zurückzuführen.
Mit der Varianzanalyse wurde festgestellt, daß der Driftparameter Stromaufnahme nicht signifikant zur Trennung der Klassen beiträgt. Nach 200 Betriebsstunden sind noch keine deutlichen Drifterscheinungen dieses Parameters erkennbar. Als signifikante Merkmale, die am besten die Alterung der Laufwerke in der Anfangsphase beschreiben, wurden folgende Merkmale ermittelt:

x_1 Gleichlaufschwankung zum Abbruchzeitpunkt von 200 h
x_2 maximale Gleichlaufschwankung bis zum Abbruchzeitpunkt von 200 h
x_3 Spannweite der Gleichlaufschwankung bis zum Abbruchzeitpunkt im Meßabstand von 50 Betriebsstunden.

Zum Nachweis der Normalverteilung dieser Merkmale wurde der Kolmogorov-Test durchgeführt.
Anhand der Meßwerte, die während der durchgeführten Langzeittests gewonnen wurden, war es möglich, einen Klassifikator mittels linearer Diskriminanzanalyse aufzubauen, mit dem nach 200 Betriebsstunden für einzelne Laufwerke prognostiziert werden kann, ob sie zum Zeitpunkt 500 h hinsichtlich des Ausfallkriteriums „maximale Gleichlaufschwankung" ausgefallen sein werden oder nicht.
Die Fehlerwahrscheinlichkeit bei der Erkennung von Ausfällen von Kassettenrekorderlaufwerken hinsichtlich dieses Kriteriums wurde anhand der Resubstitutionsmethode [7] geschätzt. Sie beträgt 0% für den Klassifikator, der mit Hilfe der 3 Merkmale x_1, x_2, x_3 aufgebaut wurde. Das gleiche Ergebnis wurde auch erhalten, als nur das Merkmal x_3 zur Unterscheidung der Klassen verwendet wurde. Dabei muß allerdings erwähnt werden, daß die Resubstitutionsmethode oft als zu optimistisch anzusehen ist.
Eine weitere Verkürzung der Testzeit um 50 h ist nicht empfehlenswert, da dann die Fehlerwahrscheinlichkeit deutlich ansteigt.
Da zum Aufbau des Klassifikators nur das Ausfallkriterium „maximale Gleichlaufschwankung" berücksichtigt werden konnte, ist das Ergebnis nicht uneingeschränkt für Zuverlässigkeitsprüfungen anwendbar. Es ist allerdings möglich, nach 200 Betriebsstunden Entscheidungen über die Aussonderung einzelner Laufwerke bzw. den Abbruch der Tests zu treffen. Dadurch erhält man freie Plätze auf der Testapparatur und eine Einsparung an Testzeit bei nicht erfolgreichen Tests.
Bereits zum Zeitpunkt $t = 200$ h sind Aussagen über das Gleichlaufverhalten nach 500 Betriebsstunden möglich. Diese Aussagen sind bei der Beurteilung von konstruktiven Überarbeitungen oder Neuentwicklungen von Bedeutung und auch für die Durchführung und Auswertung von Tests zur Fertigungsüberwachung anwendbar.

Zusammenfassung

Die Sicherung der Qualität und Zuverlässigkeit der Erzeugnisse unter den Bedingungen flexibel automatisierter Fertigungen erfordert die Aufbereitung und Anwendung neuer Methoden der Qualitätssicherung. Es wurden die Methoden der Objekterkennung als Modul eines CAQ-Systems dargelegt sowie der Aufbau und die Wirkungsweise eines Kontroll-Prognose-Systems für die rechnergestützte Qualitätsüberwachung und -steuerung erläutert.
Am Beispiel der Prognose der Lebensdauer wurde die Anwendung der Methode der statistischen Entscheidungen und der Diskriminanzanalyse beschrieben. Für diese Methoden wurde Software für den Rechner A 7150 entwickelt.

Literatur

[1] Höhne, L.: Methoden der rechnergestützten Merkmalsklassifikation. Diplomarbeit, Ingenieurhochschule Mittweida 1986.
[2] Steinhagen, H.-E.; Fuchs, S.: Objekterkennung. Berlin: VEB Verlag Technik 1976.
[3] Peipmann, R.: Grundlagen der technischen Erkennung. Berlin: VEB Verlag Technik 1975.
[4] Mosgalewskij, A. W.; Gaskarow, D. W.: Technitscheskaja diagnostika (Technische Diagnostik). Moskau: „Wysschaja schkola" 1975.
[5] Enslein, K.; Ralston, A.; Wilf, H. S.: Statistischeskije metody dlja EWM (Statistische Methoden für EDV-Anlagen). Moskwa: Nauka 1986.
[6] Kretschmar, G.: Zuverlässigkeitsuntersuchungen an Antriebseinheiten von Kassetten- und Radiorekordern. Dissertation A, Ingenieurhochschule Mittweida 1987.
[7] Wilhelm, M.: Schätzung von Fehlklassifikationsraten in der linearen Diskriminanzanalyse und ihre Auswertung. Interessengemeinschaft Mathematik, 6. und 7. Sitzungsbericht, 1981.
[8] Box, G. E. P.: A general distribution theory for a class of likelihood criteria. Biometrica (1949) 36, S. 317—346.
[9] Ahrens, H.; Läuter, J.: Mehrdimensionale Varianzanalyse. Berlin: Akademie-Verlag 1974.

msr 8874

In eigener Sache

Wir suchen einen Fachredakteur für unsere Zeitschrift, der in oder bei Berlin über Wohnraum verfügt. Er sollte ein abgeschlossenes Hochschulstudium in der Fachrichtung Technische Kybernetik/Automatisierungstechnik oder in einem angrenzenden Gebiet (z. B. Technische Informatik oder Elektrotechnik/Elektronik) und gute Kenntnisse der deutschen Sprache haben.

Seine Aufgaben umfassen:
— redaktionelle und fachliche Bearbeitung von Manuskripten
— Besuch und Auswertung von Fachtagungen, -messen und -ausstellungen
— fachbezogene journalistische Tätigkeit.

Interessenten wenden sich bitte an:

VEB Verlag Technik
Oranienburger Str. 13/14
Berlin
1020

Redaktion „messen · steuern · regeln"
Tel.: 2 87 03 62
2 87 03 74

A. Biermann, H. Wolf

Aufbau eines Programms zur Prüfung von Steuereinrichtungen

Einleitung

An der Technischen Hochschule Leipzig, Sektion Automatisierungsanlagen, wird im Auftrage des Zentrums für Forschung und Technologie des Kombinats Automatisierungsanlagenbau ein durchgängiges Programmsystem zur rechnergestützten Projektierung von Binärsteuerungen entwickelt. Dieses Programmsystem [1] bis [3] beginnt bei der Eingabe eines Prozeßablaufplanes (PRAP) und endet bei der Programmierung der Speicher einer Binärsteuereinrichtung. Als wesentliche Schnittstelle im Programmsystem besteht eine Datei der geprüften Eingabeinformationen. Diese Datei beschreibt das Sollverhalten einer Steuerung. Mit speziellen Programmen können daraus — in Verbindung mit MSR- und Koppellisten — die Steuerprogramme in einer Fachsprache (z. B. PN 5000 oder STEP 5) gewonnen werden.
Die Binärsteuereinrichtungen werden in der Regel in Betrieben der Automatisierungstechnik hergestellt und sollen möglichst unmittelbar nach der Fertigung — einschließlich der einsatzspezifischen Speicherprogrammierung — geprüft werden, ohne daß ein Anschluß an die zu steuernde technologische Anlage besteht, weil

- sich die technologische Anlage im allgemeinen nicht am Fertigungsort der Binärsteuereinrichtung befindet
- die technologische Anlage (mit Rücksicht auf diese oder den ablaufenden Prozeß) nicht den Gefährdungen ausgesetzt werden darf, die bei einem Fehlsteuern entstehen könnten.

Daher muß ein Prüfprogramm entwickelt werden, mit dem die technologische Anlage und der in dieser ablaufende Prozeß sinnvoll simuliert werden können.

1. Prüfung einer Aufgabenstellung

Ein Prozeßablaufplan (PRAP) besteht aus Operations- (Ausgabe-) Elementen, Frage- (Entscheidungs-)Elementen und gerichteten Kanten zwischen diesen Elementen. Grundsätzlich wird zwischen zwei Operationselementen mindestens ein Frageelement angeordnet. In jedes Operationselement werden die wichtigsten Einflußnahmen für den zu steuernden Prozeß eingetragen (z. B. Öffnen, Eilgang, Stop). In jedes Frageelement wird eine Prozeßvariable eingetragen, die das Eingabeprogramm — vom Bediener beeinflußbar — mit einer laufenden Nummer versieht. Beim wiederholten Verwenden einer Prozeßvariablen in einem PRAP genügt die Eingabe der laufenden Nummer. Danach wird programmgeführt jedes Frageelement mit einem „nein"- und einem „ja"-Abgang (gerichtete abgehende Kante des Graphen PRAP) versehen. Dem Eingebenden bleibt nur die Wahl der Richtung für diese Abgänge.
Eine abgehende Kante eines Frageelementes führt (gegebenenfalls über mehrere weitere Frageelemente) als

- „Haltepfad" zum (Ausgangs-)Operationselement zurück
- „Übergangspfad" zum nächsten (Folge-)Operationselement.

In unmittelbarer Verbindung mit der Eingabe eines PRAP erfolgt die Prüfung auf Widerspruchsfreiheit, Vollständigkeit und starken Zusammenhang.

a) *Widerspruchsfreiheit*

Das Eingabeprogramm verhindert durch die nacheinander gestellte Frage nach der Richtung von „nein"- und „ja"-Abgang einen Bewertungswiderspruch bei den abgehenden Kanten eines Frageelementes. Durch die Verbindung mehrerer Frageelemente über „nein"/„ja"-bewertete Abgänge (sowie gegebenenfalls verbindende gerichtete Kanten) entstehen Pfade, in denen Frageelemente mit der gleichen Prozeßvariablen mehrmals enthalten sein könnten. Die gleiche Prozeßvariable gäbe es dann mit mehrfacher „nein"- oder „ja"-Bewertung, aber ebenfalls als „nein"-„ja"-Kombination. Solche Pfade werden vom Prüfprogramm nicht zugelassen.

b) *Vollständigkeit*

Jeder Abgang muß zu einem Operations- oder einem Frageelement führen (Abgang eines Operationselementes grundsätzlich zu einem Frageelement). Erst wenn jeder Abgang (u. U. über gerichtete Kanten) ein Ziel erreicht hat, gilt die Eingabe als abgeschlossen.

c) *starker Zusammenhang*

Mit der Prüfung auf Vollständigkeit wird noch nicht der starke Zusammenhang gewährleistet. Dieser bedeutet, daß jedes beliebige Operationselement im Rahmen eines PRAP wieder — über mindestens zwei Übergangspfade mit einem dazwischen liegenden Operationselement — erreichbar sein muß. Diese Prüfung wird im Anschluß an die Prüfung auf Vollständigkeit vorgenommen. Der erfolgreiche Abschluß der Prüfung auf Widerspruchsfreiheit, Vollständigkeit und starken Zusammenhang führt zur Datei der geprüften Eingabeinformationen.
Basierend auf der Datei der geprüften Eingabeinformationen können Prüfungen auf Erreichbarkeit und Stabilität folgen.

d) *Erreichbarkeit*

Bei der Prüfung auf Erreichbarkeit wird davon ausgegangen, daß während des Wirkens einer Binärsteuerung zwei zeitlich aufeinander folgende Pfade benachbart sein müssen. Die von einem Operationselement ausgehenden Pfade sind benachbart, wenn sie sich lediglich durch den Bewertungsunterschied bei einer einzigen gemeinsamen Prozeßvariablen unterscheiden. Weitere Frageelemente für andere Prozeßvariable dürfen in jedem Pfad enthalten sein, müssen dann aber entweder in beiden Pfaden bezüglich der Bewertung übereinstimmen oder jeweils nur in einem Pfad anwesend sein. Ein Haltepfad eines Folge-Operationselementes darf keinen Bewertungsunterschied bezüglich der gemeinsamen Prozeßvariablen in den Frageelementen in dem zum Folge-Operationselement hinführenden Übergangspfad aufweisen. Bei Verstößen gegen diese Regeln werden die Pfade angezeigt. Der Eingebende kann diese Verstöße zur Kenntnis nehmen und quittieren oder die Eingabe der Aufgabenstellung verändern.

e) *Stabilität*

Werden bei der Prüfung auf Erreichbarkeit Durchläufe festgestellt, also jeweils nach einem Übergangspfad beim Folge-Operationselement keine Haltepfade ohne Bewertungsunterschied gefunden, so kann sich eine zyklische Folge von Durchläufen ergeben. Zyklische Folgen von Durchläufen werden durch das Prüfprogramm gesucht. Wird eine solche zyklische Folge gefunden, liegt keine Stabilität vor [4]. In dem angezeigten Zyklus muß entweder bestätigt werden, daß der instabile Zyklus aufgrund der technologischen Bedingung (technische Unmöglichkeit) wegen der gewährleisteten Bedingungsstabilität bedeutungslos bleibt, oder es muß durch veränderte PRAP-Eingabe die erforderliche Strukturstabilität erreicht werden.

Dipl.-Ing. ANDREAS BIERMANN (35) studierte von 1977 bis 1981 an der Sektion Automatisierungsanlagen der TH Leipzig. Seit 1981 im VEB Montan Leipzig im Kombinat TAKRAF als Mitarbeiter F/E, Gruppenleiter Steuerungstechnik und derzeit Abteilungsleiter Elektronik-Ausrüstung tätig. 1989 Dissertation A eingereicht.

Doz. Dr. sc. techn. HEINZ WOLF (59) studierte von 1951 bis 1956 an der TH Dresden. Danach dort bis 1963 wissenschaftlicher Assistent an der Fakultät für Kerntechnik. Von 1963 bis 1965 Leiter der DAMW-Prüfdienststelle Schalt- und BMSR-Geräte in Berlin. Von 1965 bis 1970 Abteilungsleiter Leistungselektronik im WTZ der VVB Elektroapparate. 1970 Berufung zum Hochschuldozenten an der IH (später TH) Leipzig, Sektion Automatisierungsanlagen. 1964 Promotion A (Hochspannungstechnik), 1980 Promotion B (Zuverlässigkeit).

2. Generierungsprogramm für das Prüfen einer Steuereinrichtung

2.1. Erreichbarkeitsliste

Ausgehend von der verbindlichen Aufgabenstellung und den zur technischen Realisierung in den MSR-Listen zu den Ein- und Ausgängen der Steuereinrichtung enthaltenen Informationen wird ein Prüfprogramm in drei Schritten realisiert [5]. Im ersten Schritt entsteht eine Erreichbarkeitsliste, in der alle Pfade aufgelistet sind. Diese Pfade erhalten rechnerintern eine laufende Nummer. Neben jedem einzelnen Pfad stehen die Nummern der Pfade, die von diesem Pfad aus erreicht werden können.
Dafür gilt:

- Von einem Haltepfad eines Operationselementes aus sind alle Pfade erreichbar, die sich durch die Bewertung eines einzigen Frageelementes mit gleicher Prozeßvariablen unterscheiden, gleichgültig, ob der erreichte Pfad ein Halte- oder ein Übergangspfad ist.
- Von einem Übergangspfad aus muß ein Haltepfad des Folge-Operationselementes erreichbar sein, bei dem die Bewertung des Frageelementes mit gleicher Prozeßvariablen übereinstimmt. Allerdings muß kein Frageelement mit gleicher Prozeßvariablen vorhanden sein.

Falls ein Durchlauf vom Eingebenden im Rahmen der Prüfung auf Erreichbarkeit quittiert wurde, wird der vom Übergangspfad erreichbare Haltepfad, ausgehend von einem weiteren Folge-Operationselement, gesucht.

2.2. Pfadfolgeliste

Von jedem in der Erreichbarkeitsliste aufgeführten Pfad aus muß mindestens ein weiterer Pfad erreichbar sein. Wird stets nur ein einziger Pfad erreicht, so liegt der Fall einer reinen Taktkettensteuerung mit jeweils nur einem Frageelement zwischen zwei Operationselementen vor. Im allgemeinen können mehrere Pfade folgen. Mit der Pfadfolgeliste wird eine solche Liste aufgestellt, in der bei Abschluß der Liste stets alle von einem Pfad aus erreichbaren Pfade enthalten sind. Ist der erreichte Pfad ein Übergangspfad, so kann der Ausgangspfad erst wiederum erreicht werden, wenn ein Pfad — ausgehend von einer der Folge-Operationen — gefunden wurde, der zu dem Ausgangs-Operationselement zurückführt. Dadurch entsteht eine Kette von Pfaden, die dann beendet wird, wenn alle möglichen Pfadfolgen einmal enthalten sind und wenn ein als Start-Pfad gewählter (Halte-)Pfad wiederum erreicht wird.
Folgen einem Pfad mehrere Pfade, so wird mit Hilfe eines Zufallszahlengenerators ausgewählt. Dadurch weist die Kette von Pfaden eine zufällige Länge auf. Nach der Methode „Versuch und Irrtum" kann ein Kürzen dieser Kette (und damit das Einsparen von Prüfdauer) erzielt werden. Die Anzahl der Versuche muß vorgegeben werden. Nach jeder gelungenen Kürzung wird der Zähler für die Anzahl der Versuche wieder auf den Vorgabewert gesetzt.

2.3. Prüffolgeliste

In jedem Pfad sind die bewerteten Prozeßvariablen konjunktiv verknüpft. Die konjunktive Verknüpfung der Prozeßvariablen-Nummern eines Pfades kann als Boolesche Gleichung geschrieben werden, die im Computerprogramm als Ternärvektor gespeichert wird. Dabei kennzeichnet jeweils ein gesetztes Bit in einem Vektor die Anwesenheit im Pfad, im anderen Vektor das gesetzte Bit die Bewertung der Prozeßvariablen der entsprechenden Bitposition mit „ja" (mit „wahr" bzw. mit „1").
Für alle in einer Pfadfolgeliste enthaltenen Pfade mit der in dieser Liste festgelegten Reihenfolge wird der Ternärvektor geschrieben. Unterscheiden sich zwei aufeinander folgende Ternärvektoren nicht nur durch die Bewertung in einer Bitposition, sondern auch in der Anwesenheit, so werden weitere Ternärvektoren zwischengeschoben, mit denen das Erreichen des Folgepfades (Zielpfad) vom Ausgangspfad (Quellpfad) vorbereitet wird. Dabei sind so viele Ternärvektoren zwischenzuschieben, wie zusätzliche Anwesenheiten von Prozeßvariablen-Nummern erforderlich sind. Enthält die Boolesche Gleichung — geschrieben als Ternärvektor — eines Quellpfades im Vektor der Anwesenheit (bereits oder noch) Prozeßvariablen-Nummern, die im Quellpfad nicht festgelegt sind (Don't care-Bedingungen), so kann das Zwischenschieben von Ternärvektoren entfallen, wenn im Vektor der Bewertung keine Umbewertungen dieser Bitpositionen erforderlich werden.
Durch das Zwischenschieben dieser zusätzlichen Ternärvektoren, die das Umschalten von einem Pfad zu einem nachfolgenden Pfad vorbereiten, wird gewährleistet, daß bei der Prüfung in jedem Takt nur eine einzelne Prozeßvariable geändert wird (single input change). Daher beträgt stets zwischen zwei zeitlich aufeinander folgenden Ternärvektoren die Hamming-Distanz HD = 1. Da zwischen einem Übergangspfad und einem nachfolgenden Haltepfad keine Bewertungsdifferenz bestehen darf (somit HD = 0 gilt), sind solche Wertepaare stets in einem Prüftakt enthalten. Eine Prüffolgeliste kann deshalb im Vergleich mit der Länge der Pfadfolgeliste länger (viele Ternärvektoren zwischenzuschieben) oder kürzer (viele Folgen von Übergangs- und Haltepfaden enthalten) sein.

3. Realisierung der Prüfung

Die Realisierung der Prüfung einer gefertigten Binärsteuereinrichtung erfordert

- einen Computer (Prüfcomputer), der
  - mit Hilfe eines universellen Monitorprogrammes (also unabhängig von der aus einem speziellen PRAP entwickelten Prüffolgeliste) einen Prüfablauf steuert
  - die Prüffolgeliste(n) für die zu prüfende Binärsteuereinrichtung aufnimmt und abarbeitet
  - den Dialog mit dem Prüfer gestattet
- die schaltungstechnische Verbindung zwischen der zu prüfenden Binärsteuereinrichtung und einer zusätzlichen Hardware (Eingabe- und Ausgabebaugruppen) des Prüfcomputers
- die Eingabe von Koppellisten, wenn mehrere PRAP in einer Binärsteuereinrichtung über Koppelvariablen (auf internen Merkerplätzen) zusammenarbeiten.

Dem Prüfer werden nach dem Start des Monitorprogramms der einwandfreie Ablauf der Prüfung oder die Fehlerstelle angezeigt. Da eine Pfad-Nummer nur eine programminterne Kennung darstellt, werden dem Prüfer die Operation und die Pfad-Gleichung, bei der bei einem SOLL-IST-Vergleich ein Fehler festgestellt wurde, sowie vorausgegangene fehlerfreie Prüfschritte angezeigt.

4. Technische Grenzen

Während die Anzahl der Prozeßvariablen in einem PRAP auf 100 begrenzt wurde, gestattet zur Zeit das in Turbo-PASCAL geschriebene Prüfprogramm mit Rücksicht auf eine übersichtliche Darstellung der einzelnen Takte im Bildschirmdialog das Generieren von Prüffolgelisten mit maximal 32 Prozeß- (Eingangs-) und 16 Operations- (Ausgangs-)Variablen. Maximal 10 über Koppellisten zusammenarbeitende Teilsteuerungen (PRAP) dürfen in einer Binärsteuereinrichtung enthalten sein.
Die industrielle Nutzung erfordert eine ständige Bus-Verbindung zwischen dem Prüfcomputer und einer als Verbindungseinheit zu der zu prüfenden Binärsteuereinrichtung eingesetzten Prüfsteuereinrichtung. Speicherplatz des Prüfcomputers und Anzahl der Anschlußklemmen der Prüfsteuereinrichtung bestimmen dann die technischen Grenzen der Anwendung der entwickelten Prüfmethode.
Die Prüfmethode gestattet mit dem Monitorprogramm eine ständige Wiederholung der Abarbeitung der Prüffolgeliste, um dadurch z. B. die Frühausfälle einer Binärsteuereinrichtung zu erfassen.

5. Prüffreundliche PRAP

Die Fehlererkennung der beschriebenen Prüfmethode basiert auf dem SOLL-IST-Vergleich der an den Anschlußklemmen einer Binärsteuereinrichtung zugängigen Operations- (Ausgangs-)Variablen. Da verschiedene Operations-Variablen nur der Kopplung zwischen den Teilprozessen (einschließlich denen für Zähl- und Zeitfunktionen) dienen, kann bei einem gegebenen Aufbau eines PRAP die Fehler-

erkennung erschwert sein. Die Nutzung der Prüfmethode bereits in der Entwurfsphase gestattet die Kontrolle eines PRAP auf Prüffreundlichkeit. Bei einem prüffreundlichen PRAP ändert sich stets beim Übergang von einem Quellpfad zu einem Zielpfad, der kein Haltepfad ist, mindestens eine der an den Anschlußklemmen zugängigen Ausgangsvariablen in der Bewertung. In der Entwurfsphase können notfalls wenige zusätzliche Ausgangsvariablen ergänzt werden. Die Bewertungskombination dieser zusätzlichen Ausgangsvariablen in Verbindung mit den bereits im PRAP enthaltenen Ausgangsvariablen, die zu Anschlußklemmen führen, zeigt dann eindeutig die bei der Abarbeitung einer Prüffolgeliste in einem Prüftakt eingenommene Operation an.

Zusammenfassung

Für die Projektierung von Binärsteuereinrichtungen wurde an der TH Leipzig ein durchgängiges Programmsystem SPAS erarbeitet, das von der Eingabe einer Aufgabenstellung im Bildschirmdialog bis zum Generieren von Prüffolgelisten für die Kontrolle gefertigter Binärsteuereinrichtungen unmittelbar nach deren Herstellung reicht. Der Programmteil Prüfungen wird vorgestellt.
Dieser Teil basiert auf den Informationen der eingegebenen Aufgabenstellung sowie auf der Automatentheorie. Der Prüfung liegt die Forderung zugrunde, daß bei einem Prüfablauf von Takt zu Takt die aufeinanderfolgenden Eingangssignale einer Teilaufgabe eine Hamming-Distanz mit dem Wert 1 aufweisen. Dieser Programmteil enthält daher die Prüfungen auf Einhaltung der Eigenschaften Stabilität, starker Zusammenhang und Erreichbarkeit. Das Generieren der Prüffolgeliste setzt diese Eigenschaften voraus. Die Reihenfolge der Prüfbelegungen bei möglichen Alternativen ist zufällig und kann durch das Generierungsprogramm so modifiziert werden, daß die vollständige Folge der Prüfbelegungen möglichst kurz wird.

Literatur

[1] Strüver, M.: SPAS — Eine Softwareproduktionsumgebung zum rechnergestützten Entwurf von Binärsteuerungen. msr, Berlin (in Vorbereitung).
[2] Wicke, J.: Entwurf der Mensch-Anlagen-Kommunikation im System SPAS. msr, Berlin (in Vorbereitung).
[3] Müller, J.: Die rechnergestützte Erarbeitung des Prozeßablaufplanes und der MSR-Stellenlisten als Bestandteil von SPAS. msr, Berlin (in Vorbereitung).
[4] Alder, J.: Aufgabenstellung und Entwurf von Binärsteuerungen. Band 222 der REIHE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK. Berlin: VEB Verlag Technik 1986.
[5] Biermann, A.: Ein Verfahren zur rechnergestützten Funktionsprüfung von Binärsteuereinrichtungen. Dissertation A, TH Leipzig 1989.

msr 9072

B. Lange

Simulation von Prozeßabläufen am PC zum Test von Steuerungen

Problemstellung und Einführung

Simulationen sind ein eingeführtes Hilfsmittel zur Untersuchung und Optimierung von Regelkreisen und anderer dynamischer Systeme sowie zur anschaulichen Darstellung von Prozeßabläufen.
Im vorliegenden Fall liegt der Schwerpunkt auf dem zweiten Aspekt. Die Aufgabe war, einen einfachen Prozeß (schematisierte Darstellung der Prozeßabläufe in einem Klärwerk) auf einem PC mit Farbgrafik darzustellen. Dabei kommt die Organisation des Bildschirmspeichers in einem PC der Aufgabenstellung zugute:

Die Farbinformationen der Bildschirmpunkte sind in festen Speicheradressen hinterlegt, so daß man sie wie Schwimmerschalter in einer Flüssigkeit oder Endschalter bei einem mechanischen System abfragen kann.

1. Simulationsanordnung

Bild 1 zeigt den Aufbau für die Simulation: Ein Personal-Computer mit Farbgrafik und die freiprogrammierbare Steuerung Siemens S5-101U.
Der Rechner muß grafikfähig sein (IBM CGA) und braucht einen Steckplatz für die Schnittstellenkarte zum externen Anschluß der Steuerung. Die Steuerung ist eine einfache freiprogrammierbare Steuerung mit Relais an den Ausgängen und Optokopplern an den Eingängen zur Potentialtrennung.

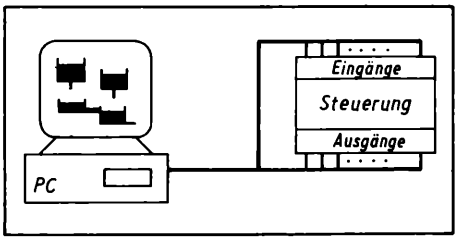
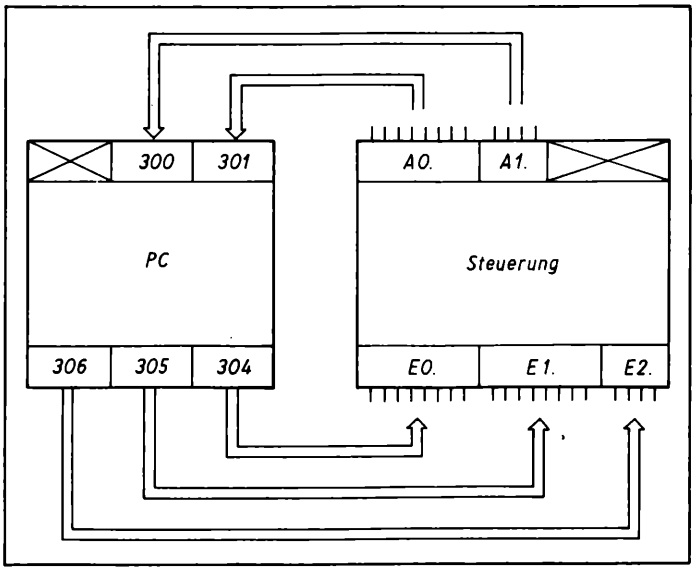


Bild 1. Simulationsanordnung

Bild 2 zeigt die Zuordnung der Eingabe-/Ausgabe-Ports des Rechners (hexadezimale Adreßangaben) zu den binären Ein- und Ausgängen der Steuerung (jeweils 8 Leitungen A 0.0 bis A 0.7, usw.).

Bild 2. Zuordnung der Ein-/Ausgänge von Steuerung und Personalcomputer (PC)



Prof. Dipl.-Ing. Bernd Lange (47) studierte nach einer Lehre als Meß- und Regelmechaniker von 1963 bis 1966 Elektrotechnik an der Ingenieurschule Hamburg und in der gleichen Fachrichtung von 1969 bis 1974 an der TU München. Danach als Entwicklungsingenieur bei den Firmen Rohde & Schwarz bzw. M.A.N. in München tätig. Jetzt Professor am Institut für Innovation und Transfer der Fachhochschule Ulm/BRD mit den Arbeitsgebieten Systemdynamik und Simulation, Steuerungs- und Regelungstechnik sowie Grundlagen der Elektrotechnik.

2. Simulationsprogramme

Bild 3 zeigt die hierarchische Struktur des Simulationsprogrammes. Die Rechtecke stellen jeweils selbständige Programme dar, die wiederum andere Unterprogramme aufrufen.
Das Hauptprogramm (Klärwerk) ruft je nach Bedienereingabe eines der beiden Unterprogramme (Steuerung mit Simatic S5, Steuerung mit PC) auf. Diese Unterprogramme werden solange abgearbeitet, bis die Simulation durch eine Bedienereingabe beendet wird. Sie rufen ihrerseits die in der dritten Ebene (rechts) dargestellten Unterprogramme auf, die noch weitere Unterprogramme aufrufen können.

2.1. Simulation des Ablaufs in der Anlage

Von den im Bild 3 dargestellten Unterprogrammen soll hier das Programm „Gemeinsamer Ablaufteil" weiter verfolgt werden. Bild 4 zeigt dessen Struktur.
Dabei werden zunächst die Befehle der Steuerung ausgeführt (Steuerdaten abarbeiten). Anschließend werden die Gefäße je nach Ventilstand gefüllt oder geleert (Gefäße umfüllen). Am Schluß werden die Sensorpunkte abgefragt und gespeichert, damit die Steuerung entsprechend reagieren kann.
Das Diagramm für „Steuerdaten abarbeiten" (Bild 5) zeigt den Ablauf, der wiederum durch Unterprogramm-Aufrufe realisiert worden ist. Dank der strukturierten Programmierung stellen sich die Programme auf der untersten Ebene, die dann die eigentliche „Arbeit" verrichten, relativ einfach dar. Nachfolgend sieht man einen Auszug aus dem Programm „Steuerdaten abarbeiten" und die beiden Unterprogramme zum Ein- und Ausschalten des Rührwerkmotors. Im übergeordneten Programm („Steuerdaten abarbeiten") wird entschieden, welches dieser beiden Unterprogramme aufgerufen wird.

```
2330 REM UNTERPROGRAMM 2.3.1: STEUERDATEN
     ABARBEITEN
2340 REM BITS DES EINGABEFELDES AUSF WERDEN
     MIT DEN BITS DER
2350 REM LETZTEN EINGABE VERGLICHEN, DIE IM
     EINSF STEHEN.
  :
2410 IF AUSF(0,5)=EINSF(0,5) THEN 2430
     'MOTORZUSTAND AENDERN?
2420 IF AUSF(0,5)=0 THEN GOSUB 3050 ELSE GOSUB 3010
2430 IF AUSF(0,6)=1 THEN GOSUB 3090
                        'UP 2.3.1.5. GEFAESS A FUELLEN
2440 IF AUSF(0,7)=1 THEN GOSUB 3190
                        'UP 2.3.1.6. GEFAESS B FUELLEN
2450 FOR I=0 TO 7
2460 (EINSF(0,I)=AUSF(0,I)
                        'EINGANGSFELD=SPEICHER-
                        FELD
2470 NEXT
2480 RETURN

3010 REM UNTERPROGRAMM 2.3.1.3: MOTOR AN
3020 PAINT (183,107),2,1    'MOTOR AN: KREIS VIOLETT
3030 RETURN

3050 REM UNTERPROGRAMM 2.3.1.4: MOTOR AUS
3060 PAINT (183,107),3,1    'MOTOR AUS: KREIS WEISS
3070 RETURN
```

Bild 6 zeigt die grafische Bildschirmdarstellung für den Ablauf der Steuerung.
S1 bis S7 stellen Schwimmerschalter dar, deren Funktion, wie bereits erwähnt, durch Abfrage des Bildschirmspeichers simuliert wird. Das geschieht in der Programmiersprache BASIC durch die einfache Anweisung

```
... = POINT(100,105)
```

z. B. für den Sensor S1.
An den Ventilen V1 bis V5 erkennt man durch die Richtung des Striches, ob sie geschlossen oder geöffnet sind. Der Rührwerkmotor (M) dreht sich, wenn sein Farbpunkt von weiß auf violett wechselt.

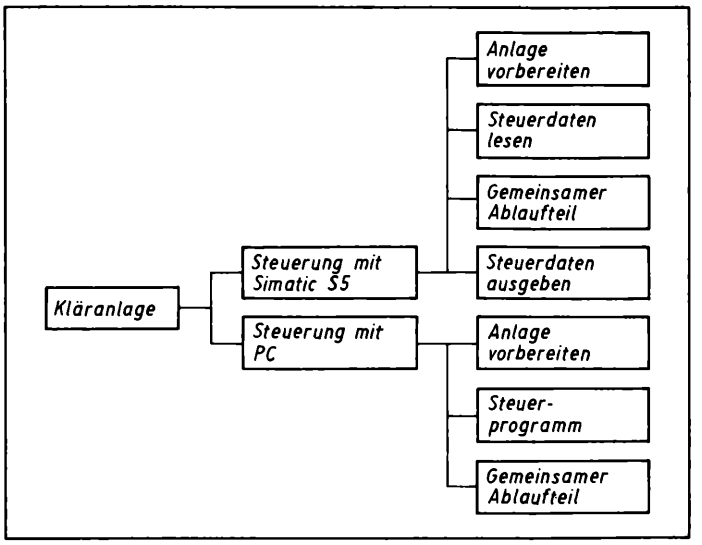


Bild 3. Struktur des Simulationsprogramms

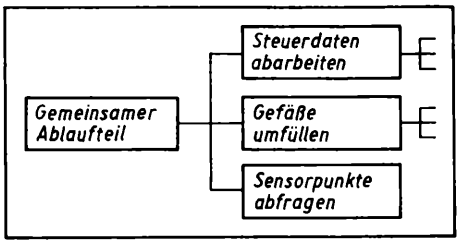


Bild 4. Gemeinsamer Ablaufteil

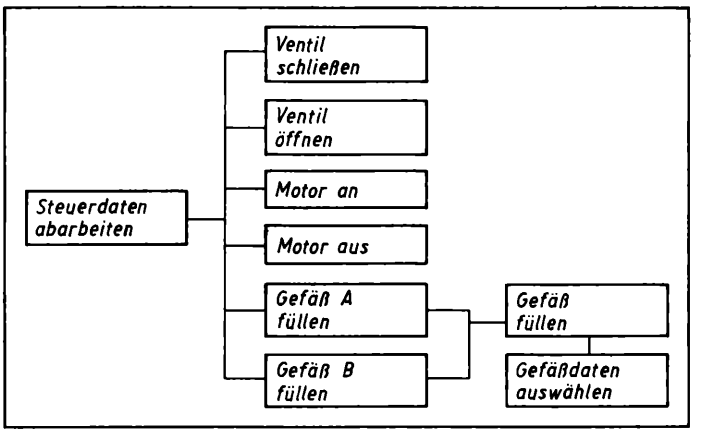


Bild 5. Steuerdaten abarbeiten

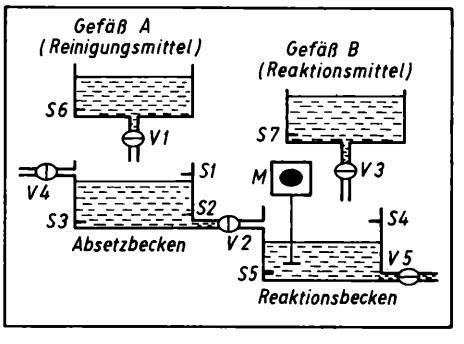


Bild 6. Grafikausgabe auf dem Bildschirm

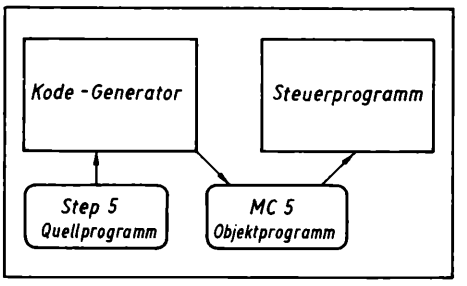


Bild 7. Erzeugung und Ausführung der Steueranweisungen

2.2. Simulation der Steuerung

Neben dem Anschluß einer externen Steuerung an den PC ist auch die Simulation der Steuerung vorgesehen. Dazu wird das Steuerprogramm in den Simulationsablauf eingebunden (siehe Bild 3, „Steuerprogramm").
Hier könnte natürlich ein Programm eingebunden werden, das die Funktion der Steuerung ähnlich simuliert wie die der zu steuernden Anlage. Für einfache Fälle wäre das sicherlich ausreichend. Um jedoch möglichst wirklichkeitsgetreu simulieren zu können, wurde dieses Problem anders gelöst: Mit einem Editor muß zunächst ein Quellprogramm mit Anweisungen in der Steuerungs-Programmiersprache STEP 5 erzeugt werden. Diese Steuerungsbefehle werden mit einem Code-Generator in den Operationscode (MC 5) übersetzt. Das „Steuerprogramm" innerhalb der Anlagensimulation führt dann diese Anweisungen so aus, wie es auch eine freiprogrammierbare Steuerung tun würde.
Das STEP-5-Quellprogramm und das MC-5-Objektprogramm werden während des oben beschriebenen Ablaufs auf der Platte des Rechners abgespeichert.
Es ergibt sich damit der gleiche Ablauf, wie bei der Programmierung einer freiprogrammierbaren Steuerung mit dem zugehörigen Programmiergerät. Somit ist man auch ohne Steuerung in der Lage, die Steueranweisungen per Anweisungsliste einzugeben und ihre Wirkungen auf den Prozeß zu studieren.
Bild 7 zeigt die prinzipielle Anordnung.

Zusammenfassung

Die Erprobung freiprogrammierbarer Steuerungen ist nicht immer vor Ort möglich. Deshalb ist es wünschenswert, ein Steuerungsprogramm vor Inbetriebnahme auf mögliche Fehler hin zu überprüfen. Insbesondere im Ausbildungsbereich stehen nur selten ausreichend Anlagen zum Test von Steuerungen zur Verfügung.
Der Beitrag beschreibt ein Programm für Personalcomputer, das es erlaubt, einen Prozeßablauf grafisch darzustellen und dessen Funktionsweise zu simulieren. Die Steuerung kann entweder über eine Schnittstellenkarte am PC angeschlossen werden oder durch ein zweites Programm ebenfalls am PC simuliert werden.

Literatur

[1] Brauner, G.: Simulation einer Kläranlage auf dem IBM Personal Computer. Diplomarbeit, Fachhochschule Ulm, Labor Regelungstechnik 1985.
[2] Talke, D.: Simulation von Regelungseinrichtungen am IBM-PC. Diplomarbeit, Fachhochschule Ulm, Labor Regelungstechnik 1985.
[3] Siemens-Automatisierungsgerät SIMATIC S5-101 U. Programmieranleitung, Siemens AG.
[4] Prozeßsteuerungen LOGISTAT C. Schaltungstechnische Übungen/Aufgaben. AEG-Telefunken.

msr 9074

H. Gebhardt, K. Müller

Computersystem zum Entwurf und zur Simulation digitaler Regelungen für mechanische Systeme

Einleitung

Bei der Auslegung und Bemessung technischer Regelungen kommt der Meßtechnik eine besondere Bedeutung zu. Insbesondere beim Entwurf von Antriebsreglern für Mechanismen muß die verwendete Meßtechnik das Verhalten von Antrieb und Regelung dokumentieren können. Dieses Verhalten wird i. allg. als Antwort auf Testfunktionen gewonnen.
Die oft nur einmal ablaufenden Vorgänge (sog. Transienten) gilt es zu speichern, um sie einer visuellen Darstellung zuzuführen oder meßtechnischen Manipulationen zu unterziehen.
Eine spezielle Aufgabe besteht darin, digital arbeitende Regler an elektrohydraulische Stellantriebe anzupassen. Diese Stellantriebe sind Bestandteil eines komplexen Positioniersystems für Beschichtungsroboter. Für die hierbei auftretenden Meßprobleme lassen sich nur schwer geeignete Meßsysteme finden.
Oszilloskope scheiden aufgrund der Nichtwiederholbarkeit der Vorgänge aus, Speicheroszilloskope sind in dem untersuchten Frequenzbereich schwer handhabbar. Technische Schreiber sind mit Zeitkonstanten behaftet, die in der Größenordnung derer der aufzunehmenden Funktionen sind.
Da bei der Lösung der dem Beitrag zugrunde liegenden Aufgabenstellung für den Entwurf der digitalen Regelung ein µR-Entwicklungssystem auf der Basis K 1520 zur Verfügung stand und der Zielrechner (Steuerrechner) ebenfalls dessen Bussystem benutzt, lag der Gedanke nahe, einen Experimentierrechner zu erstellen, der sowohl die Aufgaben der Regelung als auch die Meßaufgaben im Timesharing-Betrieb erfüllt. Dadurch konnten teilweise Hardware-Konfigurationen des Digitalreglers genutzt werden. Das betrifft vor allem die 8-Kanal-Analogeingabe-Einheit mit 12 bit Auflösung.
Im Laufe der weiteren Arbeiten am µR-Entwicklungssystem wurden verschiedene andere Funktionen implementiert, so daß der so entstandene Experimentalrechner sehr vielfältig einsetzbar ist. Er wird seit geraumer Zeit für die unterschiedlichsten Meßaufgaben, vor allem am Farbspritzroboter IFA-TR10 [4], herangezogen. Zum Beispiel lassen sich mit dieser Geräteordnung Simulationen von Positioniervorgängen mit den entsprechenden realen Prozessen im Robotersystem recht gut vergleichen. Simulationen der Bahnführung erhöhen das Verständnis der ablaufenden Regelvorgänge und sind somit ein wesentliches Arbeitsmittel des Regelungsentwurfes. Die Robotersteuerung ist ein mehrkanaliges, paralleles Steuerungssystem. Für Experimente an dem Positioniersystem werden einzelne Regelungskanäle über den Experimentalrechner geführt.

1. Anforderungen an das Meßsystem

Das zu erstellende Meß- und Aufzeichnungssystem soll folgende Aufgaben erfüllen können:

- wahlweise Aufzeichnung von ein oder zwei zeitlichen Spannungsverläufen
- Beobachtung von ein oder zwei Speicherzellen des Rechners
- verschiedene Wiedergabemöglichkeiten
- Variation der Abtastzeiten in weiten Bereichen
- Variation der aufzunehmenden Werteanzahl
- verschiedene Startmöglichkeiten des Speicherprogramms (manuell, Synchronisation mit zu beobachtendem Prozeß, externes Starten, Verknüpfung mit verschiedenen Prozessen)
- Auswahl und Verschiebung von Speicherbereichen bei der Wiedergabe.

Dipl.-Ing. Holger Gebhardt (47) studierte nach einer Lehre als Werkzeugmacher von 1964 bis 1967 an der Ingenieurschule für Maschinenbau und Textiltechnik Karl-Marx-Stadt Werkzeugmaschinenbau und im Abendstudium an der TH Karl-Marx-Stadt von 1968 bis 1973 Automatisierungstechnik. Von 1967 bis 1969 Konstrukteur im VEB Großdrehmaschinenbau „8. Mai" Karl-Marx-Stadt. Seit 1970 als Ingenieur an der IH Mittweida tätig, seit 1973 als wissenschaftlicher Assistent am Lehrstuhl Regelungstechnik.

Dr.-Ing. Klaus Müller (36) studierte von 1973 bis 1978 Physik an der KMU Leipzig. Von 1978 bis 1979 im VEB Sternradio Rochlitz tätig. Seit 1979 Forschungsingenieur im WB Informationstechnik der Sektion Informationselektronik der IH Mittweida. Dort 1986 Promotion A.

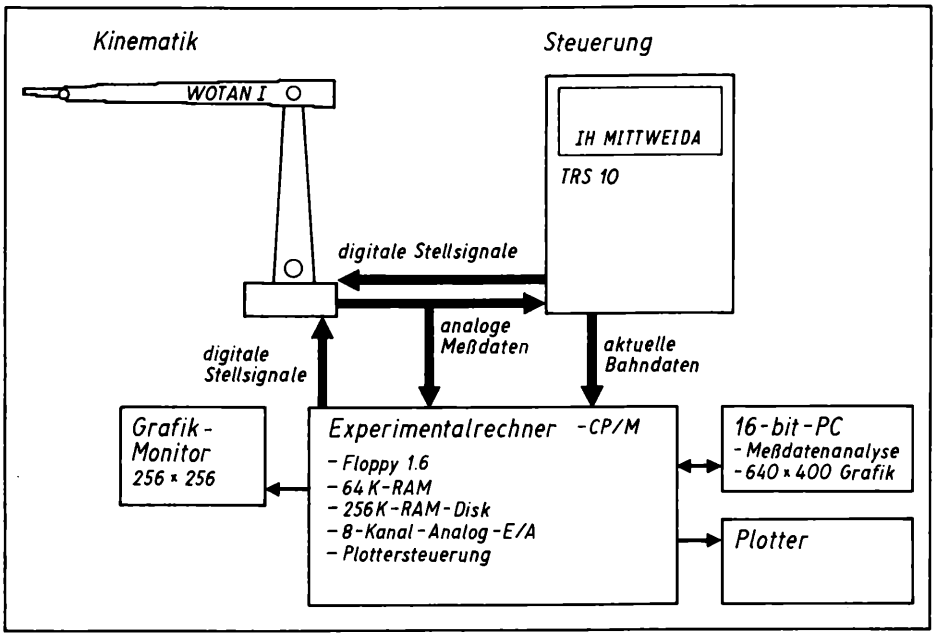


Bild 1.
Einbeziehung des Experimentalrechners in die Robotersteuerung

2. Hardware-Konfiguration

Für einen zügigen Aufbau des Transientenrecorders war das Vorhandensein von speziellen K 1520-Baugruppen wesentlich, auf die hauptsächlich orientiert wurde.
Bild 1 veranschaulicht die Meßaufgabe und die Einbindung des Experimentalrechners in das Robotersystem, und Bild 2 zeigt die verwendete Rechnerkonfiguration für den Transientenrecorder, die auch teilweise für andere Funktionen genutzt wird.

2.1. Analogwerteingabe

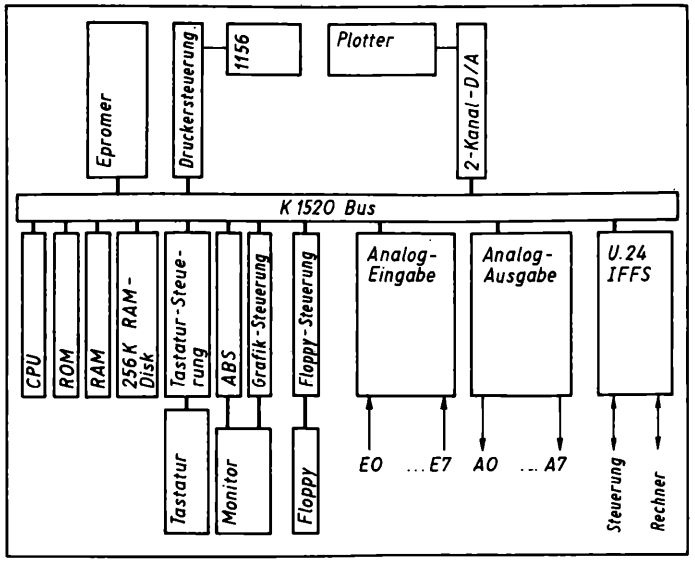
Zur Beobachtung von außerhalb des Rechnersystems ablaufenden zeitlichen Vorgängen wird eine Analogeingabeeinheit genutzt. Diese Schnittstelle ist achtkanalig aufgebaut.
Die Analogkanäle haben eine Auflösung von 12 bit. Gleichzeitig stellt dieser Modul eine Referenzspannung von 10 V für die potentiometrischen Winkelsensoren des Roboters zur Verfügung.
Die Eingabeprozedur mit Ablegen des Wertes im Transientenspeicher dauert etwa 312 µs. Damit liegt die untere systembedingte Grenze für die Abtastzeit fest.

2.2. Analogwertausgabe

Eine bereits vorhandene 8kanalige Analogausgabeeinheit mit einer 8-bit-Auflösung erscheint für diesen Anwendungszweck ungeeignet. Aus diesem Grund wurde eine Zweikanal-Analogausgabe-Schnittstelle mit 12-bit-Auflösung speziell zur Ansteuerung eines x-y-Schreibers entwickelt.
Beim Schaltungsentwurf wurden folgende Punkte berücksichtigt:

- Umgehung der Probleme einer Multiplexsteuerung durch Aufbau zweier getrennter Kanäle
- Wiederlesbarkeit der Ausgabedaten und der frei verfügbaren digitalen Eingänge
- Interruptfähigkeit zur Synchronisation mit externen Prozessen
- Ansteuerung eines Spannungsteilers zur wahlweisen Ausgabe auf Plotter oder Oszillograf
- Ausgabe eines Synchronimpulses für oszillografische Wiedergabe
- Einrichtung zur Schreibstiftsteuerung des Plotters (Heben und Senken).

Bild 2. Struktur des Experimentalrechners



2.3. Ansteuerkarte für Graphikdisplay

Soft- und Hardware für die Graphikdisplaysteuerung wurden in Nachnutzung vom ZWG der AdW Berlin erworben.
Die Auflösung dieser Ausgabeeinheit bleibt mit 256 × 256 Punkten weit unter der der Plotteransteuerung.
Dennoch stellt das umfangreiche Graphik-Softwarepaket ein sehr nützliches Hilfsmittel bei der Betrachtung und Auswahl von aufgezeichneten Funktionen dar.

2.4. Weitere Schnittstellen

Eine IFSS-Schnittstelle ermöglicht den direkten Zugriff auf die aktuellen Bahndaten der Robotersteuerung [4]. Somit sind auch die Kontrolle und Aufzeichnung der Prozesse in der Steuerung möglich.
Eine V.24-Schnittstelle gestattet eine Rechnerkopplung. Es lassen sich somit Meßdaten zu anderen Rechnern transportieren und dort gesondert bearbeiten.

3. Software

Der modulare Aufbau des Softwarepaketes „Transientenrecorder" ermöglicht den schrittweisen Aufbau und die Inbetriebnahme der Baugruppen. Sämtliche hardwarespezifischen Programmteile liegen als Prozeduren vor und sind somit leicht auch in ein selbsterstelltes Nutzerprogramm einzubinden.
Ein Programm, das die verschiedensten äußeren Meßpunkte sowie Speicherzellen des Rechners beobachtet, die zeitlichen Änderungen speichert und dokumentiert, liegt vor. Es läßt aber auch die Verbindung mit anderen Programmeinheiten im Experimentalrechner zu. So wird zur Ansteuerung des Plotters ein spezielles Steuerungsprogramm mit Interpolationsalgorithmen benutzt.
Der Gesamtkomplex „Plottersteuerung" (Soft- und Hardware) ist aber auch von einem Programmpaket „Umgekehrt Polnische Nota-

Tafel 1. Programmsystem zur Simulation und Modellierung der Grundachsen des Industrieroboters IFA-TR10

Funktion	Programmnamen
Simulation des Verhaltens der Grundachsen des IFA-TR10 mit theoretischen und empirischen Modellen	ROSI, ROSE
Lösung des inversen dynamischen Problems für die Grundachsen des IFA-TR10, die Antriebe eingeschlossen	ROMI, IREX
Lösung des direkten und inversen kinematischen Problems für den Handwurzelpunkt des IFA-TR10	WEKO, ROKO
Planung von Sollbahnen (Testbahnen) im Welt- oder Roboterkoordinatensystem	ROBA, RODA
Schätzung von Parametern empirischer Roboterachsmodelle und Trägheitskenngrößen des mechanischen Systems	ROPS, PSMECH
Auswertung von Soll- und Istbahnverläufen in Roboter- und Weltkoordinaten	DIFF
Parametereingaben, Ergebnisausgaben	RODE, ROSA
Dateierstellung, Dateimodifikationen	PSOLD, PISTD IISTD, ISOLD
Pseudokurvendruck [4]	FIND, KURVENW

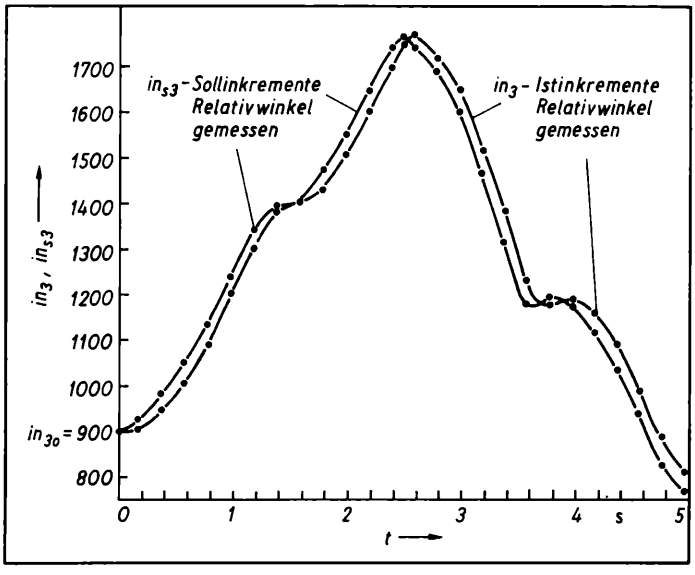


Bild 3. Gemessene Soll- und Istinkrementverläufe der Achse 3
Tastperiode T_0 = 0,0125 s

tion" bedienbar und läßt somit die recht umfangreiche Berechnung von Funktionenscharen zu.

4. Programmsystem zur Modellierung und Simulation dynamischer Vorgänge

Mit dem Experimentalrechner sind die im Farbspritzroboter ablaufenden dynamischen Vorgänge meßtechnisch erfaßbar. Während das zuvor im direkten Teach-in eingegebene Bewegungsprogramm läuft, ist es möglich, die in der Steuerung des Roboters im Abstand einer Testperiode anfallenden Soll- oder Istinkremente der Achswinkel (in_{sj}, in_j) oder Istinkremente der Steuerströme der Antriebe sukzessive in den Transientenspeicher des Rechners zu übertragen und als Diskettenfile auszugeben [4]. Diese Daten können einerseits zur Vereinfachung, Anpassung und Gültigkeitsüberprüfung der in der Robotertechnik meist verwendeten nichtlinearen theoretischen Modelle dienen, andererseits zur direkten Bestimmung einfacher empirischer Modelle herangezogen werden.
Beide Aufgaben sind für den Frabspritzroboter IFA-TR10 mit dem in [2] beschriebenen Programmsystem bearbeitbar. Es wurde in der problemorientierten Programmiersprache FORTRAN geschrieben und ist lauffähig auf Mikrorechnersystemen mit 8-bit-Mikroprozessoren (z. B. dem Experimentalrechner) unter dem Betriebssystem CPA. Ein RAM-Floppy sollte zum Zweck einer effektiven Arbeit und kurzer Zugriffszeiten auf die Daten über die Grundausstattung (Tastatur, Bildschirm, Diskettenlaufwerk, Drucker) hinaus vorhanden sein. Das Programmsystem umfaßt die in der Tafel 1 angegebenen funktionellen Möglichkeiten. Die weitgehende Segmentierung der Hauptprogramme (Subroutinentechnik) sichert dem Nutzer Modifikations- und Erweiterungsmöglichkeiten.
Das Programm ROSI (**Robotersimulation**) dient der Simulation des Bewegungsverhaltens der 3 Grundachsen des IFA-TR10 auf der Basis der in [3] abgeleiteten nichtlinearen theoretischen Modelle der mechanischen Gelenkarmkette, der hydraulischen, servoventilgesteuerten Antriebe und der Umsetzungen bei Steuerung mit abgetasteten P-Reglern. Es berechnet unter Verwendung des numerischen Integrationsverfahrens nach EULER-CAUCHY [1] den Verlauf aller Zustandsgrößen und positionsabhängigen Parameter des Simulationsmodells auf die z. B. im direkten Teach-in am Roboter erfaßten Sollinkrementeverläufe der Relativwinkel. Dabei sind 3 verschiedene Modellvarianten entsprechend der Anzahl der verwendeten Zustandsgrößen je Achse möglich [2].
Die konstanten Modellparameter (geometrische und Trägheitsparameter der Mechanik, Parameter der Antriebe und Anpaßglieder usw.) und die gewählten Hilfsgrößen (z. B. Integrationsschrittweite) werden mit dem Programm RODE (**Roboterdateneingabe**) vorher eingegeben, die jeweils interessierenden Ausgangsgrößen nach Abschluß des Simulationslaufes mit dem Programm ROSA (**Robotersimulation-Ergebnisausgabe**) in Form von Diskettendateien festgehalten (meist interessieren „Winkel- und Strominkremente"). Über eine Veränderung der Modellparameter können eine Anpassung von Modell- und Roboterverhalten angestrebt (Suchprozeß mit mehreren Simulationsläufen) oder auch der Einfluß von Coriolis-, Zentrifugal- und Trägheitskopplungsmomenten u. a. untersucht werden [2].
Ist vom Grundgerät des IFA-TR10 ein lineares, zeitinvariantes (Näherungs-)Abtastsystemmodell in Form von z-Übertragungsfunktionen oder Differenzengleichungen bekannt, dann kann auf die rechenzeitaufwendige numerische Integration verzichtet, und das Verhalten des Roboters mit dem Programm ROSE (**Robotersimulation** empirisch) nachgebildet werden. Die Parameter des 3 × 3-p-kanonischen Simulationsmodells sind durch Linearisierung der in ROSI verwendeten theoretischen Modelle um einen festen Arbeitspunkt in_{j0} oder besser durch Schätzung der am Roboter gemessenen Signalfolgen mit dem Programm ROPS (**Roboterparameterschätzung**) zu bestimmen. Im letzteren Fall werden als Ausgangsgrößen der Inkrementeverlauf der jeweiligen Achswinkeländerung, als Eingangsgrößen die Inkrementeverläufe der Servoventilsteuerströme (Modell des Grundgeräts), der Regelabweichungen (Modell des offenen Regelkreises) oder der Sollwinkeländerung (Modell des geschlossenen Regelkreises) gewählt. Das Programm ROPS benutzt zur Parameterschätzung die „Methode der der kleinsten Fehlerquadratsumme" in der Variante von SCHEURER [5]. Es bestimmt die Modelle achsweise. Kopplungsmöglichkeiten mit anderen Achsen und die Ordnung n der Übertragungsfunktionen sind zu wählen.
Die in der Tafel 1 weiter angegebenen Programme sind hier von untergeordneter Bedeutung. Ihre Handhabung ist [2] zu entnehmen.

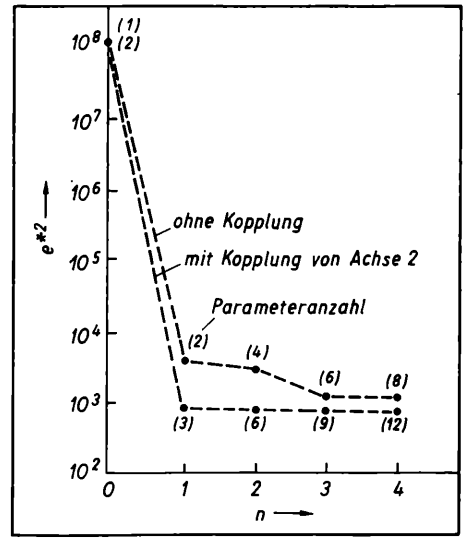


Bild 4. Fehlerquadratsumme für Modelle verschiedener Ordnung n und Kopplung

Tafel 2. Schätzergebnisse Achse 3 für $n = 1$

$$G_{0jk}(z^{-1}) = \left.\frac{\Delta in_j}{ie_k}\right|_{\substack{ie_l=0 \\ l\neq k}} = \frac{b_{jk}z^{-1}}{1 + a_j z^{-1}}$$

j: Achsennummer
k: Index Eingangsgröße
$j, k = 1, 2, 3$

Kopplung	b_{33}	b_{32}	b_{31}	e^{*2}
nein	0,1356	0	0	$11{,}6 \cdot 10^2$
ja	0,1386	0	0,0212	$9{,}8 \cdot 10^2$
ja	0,1082	−0,0806	0	$8{,}5 \cdot 10^2$

Tafel 3. Geschätzte Modellparameter bei $n = 1$ und verschiedenen Sollbahnen; Modelle der offenen Regelkreise, Struktur: Einzelachsen mit Kopplung von Achse 2 nach 3

Fall	b_{11}	b_{22}	b_{33}	b_{32}
„Quadrat"	0,1387	0,1953	0,1082	−0,0806
völlig andere Bahn	0,1735	0,1658	0,1157	−0,0450

5. Beispiel zur Modellierung und Simulation mit dem Experimentalrechner am IR IFA-TR10

Als Sollbahnverlauf des Handwurzelpunktes des IFA-TR10 wurde mit der Taktfrequenz 80 Hz und dem Taktteiler 4 die Kontur eines auf der Spitze stehenden Quadrates der Seitenlänge 0,4 m mit der Bahngeschwindigkeit von etwa 0,4 m/s „geteacht" [4]. Das wiederholte Playback ergab mit Hilfe des Experimentalrechners bei den digitalen Verstärkungen der P-Regler $K_{Rj} = 0{,}625$; $j = 1, 2, 3$ (D-Anteil und Kopplungsregler unwirksam) die Inkrementeverläufe nach Bild 3. Hier und im weiteren werden die Ergebnisse stellvertretend für Achse 3 angegeben.

Mit ROPS wurden die Parameter der Übertragungsfunktionen des offenen Regelkreises (Eingänge: Inkremente Regelabweichungen $\Delta ie_j = in_{sj} - in_j$, Ausgänge: Inkremente Achswinkeländerung $\Delta in_j = in_j - in_{jo}$) bei den Ordnungen $n = 0, 1, 2, 3, 4$ und verschiedenen Kopplungen zwischen den Achsen bestimmt. Im Bild 4 und in der Tafel 2 ist die minimale Gleichungsfehlerquadratsumme e^{*2} [2] für Achse 3 angegeben. Die stärkste Modellgenauigkeitsverbesserung ergibt sich durch Einführung des I-Verhaltens der Achse (Erhöhung von $n = 0$ auf $n = 1$, Nennerparameter a_j immer -1). Ordnungen größer als 1 bringen bei höherem Aufwand zwar eine weitere Anpassung an die Wirklichkeit, jedoch fällt diese vergleichsweise gering aus. Außerdem besteht dann die Gefahr der Identifizierung instabiler und/oder allpaßhaltiger Modelle [6]. Bei Achse 3 kann mit der Wahl von $n = 1$ die Einführung einer einseitigen Kopplung von Achse 2 zweckmäßig sein. Da die linearen Einfachmodelle im quadratischen Mittel optimal an die Gesamtbahn angepaßt werden, sind die geschätzten Parameter deutlich vom Sollbahnverlauf und der Bahndynamik abhängig (Tafel 3).

Die Reproduktion der Istinkremente aus den Sollinkrementen ergab mit den in Tafel 3 ermittelten linearen Modellen (Fall „Quadrat") die im Bild 5 grafisch dargestellten Fehler bezüglich der gemessenen Regelabweichung. Diese Modellgenauigkeit ist ausreichend, um die derzeit großen dynamischen Bahnfehler über eine Sollinkrementevorbehandlung deutlich zu verringern [2].

Tafel 4. Vergleich Fehler $\Delta ie_{3M} = ie_{3M} - ie_3$ zwischen Regelabweichung Modell ie_{3M} und Messung ie_3 in Inkrementen

Modellform	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung	Achse
theoretisches,	−44	50	5,48	26,2	1
nichtlineares	−9	12	1,94	4,7	2
Modell	−10	17	2,70	5,8	3
empirisches,	−5	18	5,08	4,9	1
lineares Modell,	−8	11	1,24	3,7	2
$n = 1$	−7	15	2,70	4,4	3

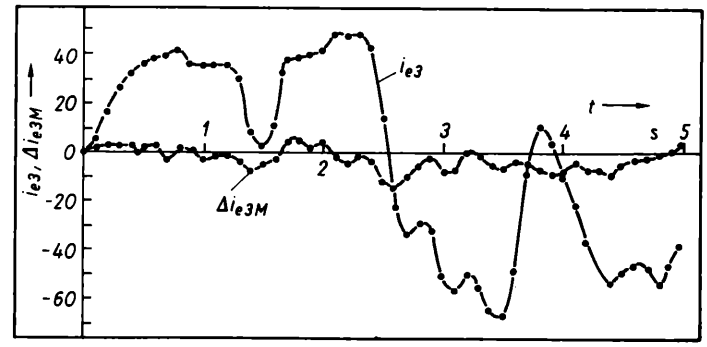


Bild 5. Gemessene Regelabweichung i_{e3} und Abweichung des Modellverhaltens Δi_{e3M} von diesem Verlauf

Eine Simulation mit dem nichtlinearen, positionsabhängigen Modell des Grundgeräts, den in [2] und [3] angegebenen theoretisch ermittelten Parametern und den Reglerverstärkungen $K_{Ri} = 0{,}625$ ergab gegenüber den experimentell abgestimmten Modellen in Achse 1 große, in den Achsen 2 und 3 etwa gleiche Abweichungen vom gemessenen Verlauf (Tafel 4).

Nach besserer Anpassung einiger Parameter an die Meßwerte (z. B. Achse 1: Reduzierung der Ventilkenngröße Y [3], da Nenndurchfluß 25 l/min offenbar nicht erreicht wird) müßte das Modell bei gleichen Bedingungen am Roboter theoretisch unabhängig vom Bahnverlauf sein. Das wird bei Simulationen mit dem in der Tafel 3 erwähnten, völlig anderen Bahnverlauf nicht bestätigt. Es ist deshalb davon auszugehen, daß der untersuchte Roboter infolge unbekannter „Parameterdrift" kein zeitinvariantes Verhalten hat. Die in der Robotertechnik meist als „genau" angenommenen theoretischen Modelle von Mechanik und Antrieb [7] sind also hauptsächlich nur zur Diskussion der Streckenstruktur nützlich. Für eine Verwendung in einer, die bisherige Regelung unterstützenden, modellbezogenen On-line-Vorwärtssteuerung sind sie ungeeignet. Für diesen Zweck müssen günstig strukturierte, parameterlineare Modelle niedriger Ordnung verwendet werden, die über eine ständig arbeitende Parameteranpassung wenigstens näherungsweise den aktuellen Verhaltensänderungen folgen können.

Zusammenfassung

Die Untersuchung des dynamischen Verhaltens von Mechanismen und deren Antrieben sowie die Auslegung und Bemessung leistungsfähiger Bahnregelungen stellen hohe Anforderungen an die verwendeten, in der Robotertechnik meist theoretisch ermittelten Modelle.

Diese allgemein formulierten Modelle bedürfen vor ihrer Nutzung einer Anpassung an konkrete Mechanismen, deren Verhalten experimentell zu ermitteln ist. Dies erfordert aufwendige Messungen am realen Objekt, die nur mit Hilfe entsprechender Rechentechnik durchführbar sind.

Im Beitrag werden die Hard- und Software eines solchen Experimentalrechners sowie seine Einbindung in ein Simulations- und Modellierungsprogrammsystem beschrieben. Am Beispiel des Farbspritzroboters IFA-TR10 sind seine Anwendungsmöglichkeiten dargestellt.

Literatur

[1] Bronstein, I. N.; Semendjajew, K. A.: Taschenbuch der Mathematik. 19., völlig überarbeitete Auflage. Leipzig: B. G. Teubner Verlagsgesellschaft 1979.

[2] Gebhardt, H.; Haferkorn, P.; Nollau, R.; Salomon, S.: CAD-Arbeitsplatz zur Optimierung des Bewegungsverhaltens von Industrieroboter. Forschungsbericht, IH Mittweida 1988.

[3] Gebhardt, H.; Nollau, R.: Modelle des dynamischen Verhaltens des Farbspritzroboters IFA-TR10. Wissenschaftliche Arbeiten der IH Mittweida (1988) 1, S. 41–52.

[4] Salomon, S.: Ein Beitrag zur experimentellen Überprüfung von Industrierobotern. Diplomarbeit, IH Mittweida 1986.

[5] Scheurer, H.-G.: Ein adaptives, explizites Parameterschätzverfahren mit geringem Speicherplatz- und Rechenzeitbedarf. Regelungstechnik 23 (1975) 12, S. 417–423.

(Fortsetzung auf S. 359)

H. Friedrich

Mikroprozessoreinsatz im Chemielabor

Einleitung

In Bioreaktoren werden verschiedene Substrate und Mikroorganismen in Kontakt miteinander gebracht, um so gewünschte biochemische Reaktionen zu ermöglichen. Eine wichtige Funktion hat dabei die Sauerstoffversorgung der Mikroorganismen (Katalysator). Die Kenntnis von Gasgehalt, Gasblasengeschwindigkeit und -durchmesser ist hierbei von entscheidender Bedeutung. Die nachfolgend skizzierte Problemlösung behandelt die Messung der genannten Größen mit Hilfe von Leitfähigkeitssonden und die Auswertung und graphische Darstellung von Geschwindigkeits- und Durchmesserverteilungen auf einem Bildschirm. In die Auswertung werden nach festgelegten Kriterien ausgewählte Meßwerte übernommen, die eine zuverlässige Aussage über die Reaktordaten ermöglichen. Meßgrößen sind hier die Geschwindigkeit und die Größe von Gasbläschen in Säulenreaktoren bei chemischen Prozessen. Im Bild 1 ist das Blockschaltbild des Systems dargestellt, und Bild 2 zeigt das Meßsystem im Einsatz.

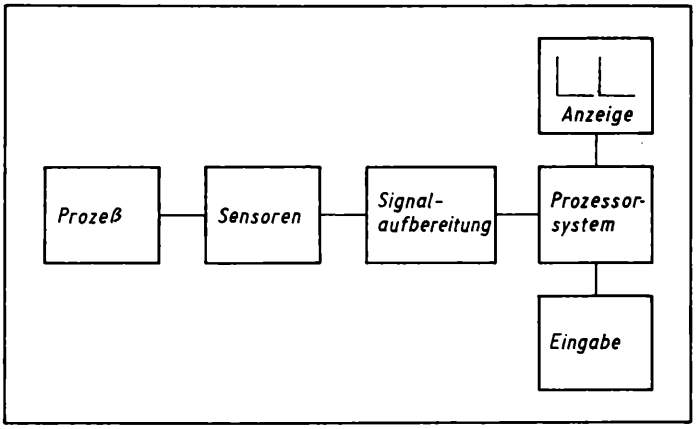


Bild 1.
Blockschaltbild des Systems

1. Meßprinzip

Das Meßprinzip mit einer Leitfähigkeitssonde zeigt Bild 3. Die Zusammenhänge zur Auswertung der Meßsignale zur Berechnung von Blasengeschwindigkeit und Blasendurchmesser sind im Bild 4 wiedergegeben. Nach dem gleichen Prinzip arbeitet auch die Mehrpunktsonde, die in dem vorgestellten Meßsystem zum Einsatz gekommen ist. Die Sondensignale sind vorverarbeitet und können dem Mikroprozessorsystem als TTL-Signalwerte zur weiteren Bearbeitung übergeben werden [1] bis [3].

2. Hardware

Auf der Basis kommerzieller Hardwarekomponenten (68000-Mikrocomputersystem) werden die Prozeßanpassung und die Meßwertaufbereitung und -verarbeitung realisiert. Das Konzept dieses Projektes sieht den universellen Einsatz der Baugruppen für weitere Anwendungen der digitalen Meßwerterfassung und -verarbeitung vor, wobei problemspezifische Adaption durch einfache Softwareänderung vorgenommen wird.

Als Meßsonde wurde eine Mehrpunkt-Leitfähigkeitssonde mit vier Elektroden eingesetzt. Bei diesen Sonden sind die Elektroden kegelförmig angeordnet, eine der Elektroden in der Kegelspitze, die anderen in einem definierten Abstand davon auf einer Kreislinie. Mit diesem Meßfühler sind zuverlässigere Meßdaten als mit Zweipunktsonden zu erhalten. Es können mit einer solchen Sonde z. B. Fehlmessungen durch schräg aufsteigende Blasen erkannt und ausgeschaltet werden.

Das Prozessorsystem ist mit handelsüblichen Baugruppen im Euro-Format realisiert und besteht aus den Komponenten:

* Zentraleinheit mit dem Mikroprozessortyp 68000
* Speichereinheit
* Eingabe-/Ausgabeeinheit
* Bus-Koppler.

Die genannten Einheiten sind in einem 19″-Einschubsystem integriert, in dem weitere Baugruppen untergebracht werden können. Der Mikroprozessor wird mit 8 MHz getaktet und erlaubt in der vorliegenden Anwendung eine Signalabtastrate von mehr als 60 kHz. Die Speichereinheit ist bis zu einer Kapazität von 1 Mbit ausbaubar

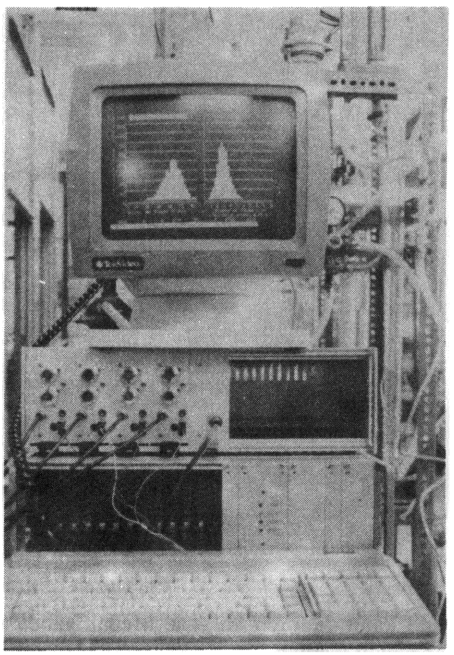


Bild 2.
Prozessorgesteuertes Meßsystem zur Blasengeschwindigkeits- und Blasendurchmessererfassung in Bioreaktoren

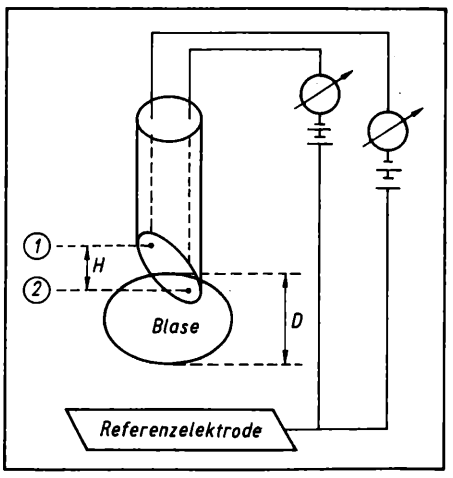


Bild 3.
Prinzip der Leitfähigkeitssonde

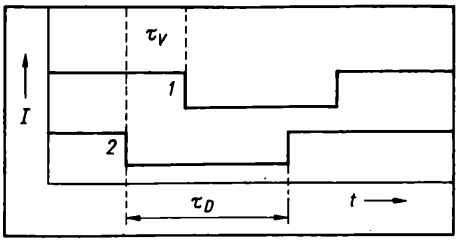


Bild 4.
Sondensignale und Auswertung

$$V = \frac{H}{\tau_v};\ D = V \cdot \tau_D$$

Prof. Dipl.-Ing. HARTMUT FRIEDRICH (48) ist im Fachgebiet Industrie-Elektronik und Digitaltechnik/DV des Fachbereichs Elektrotechnik der Fachhochschule Hannover/BRD tätig.

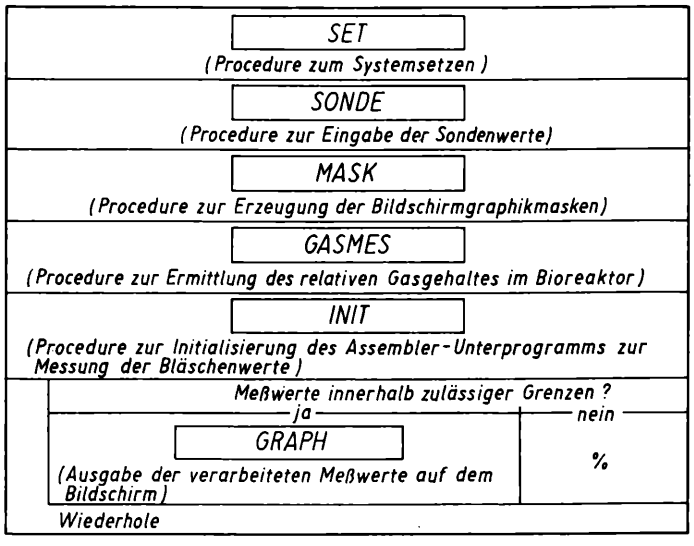


Bild 5. Übersichtsstruktogramm zur Meßaufgabe

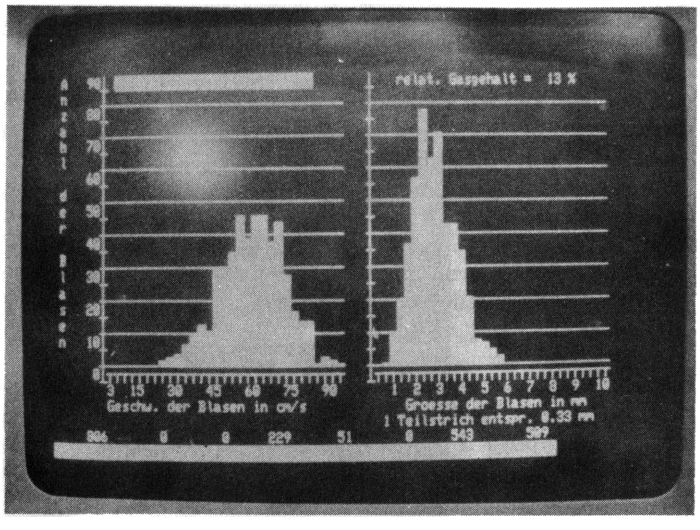


Bild 6. Bildschirmgrafik der Ergebnisse

und kann dadurch an viele Meßaufgaben vom Speicherbedarf her angepaßt werden.
Die Eingabe-/Ausgabeeinheit stellt zwei serielle Datenkanäle, einen Parallelanschluß, drei Zeitgeber, eine Echtzeituhr und den Controller zur Steuerung von Diskettenlaufwerken zur Verfügung. Durch diese Ausstattung ist die Anpassung an unterschiedliche Peripheriekomponenten leicht möglich.
Der Bus-Koppler stellt den Daten- und Adreßbus des Systems gepuffert für weitere Baugruppen zur Signallaufbereitung zur Verfügung.

3. Software

Die Software gliedert sich in die Teile:

* Bedienung und Graphikausgabe
* Meßgrößenerfassung und -auswertung.

Im Teil „Bedienung" werden die Eingaben der sondenspezifischen Werte Durchmesser und Elektrodenabstand abgefragt und daraus die erforderlichen Korrekturfaktoren ermittelt. Diese Korrekturfaktoren sind notwendig, um verschiedene Sonden mit ihren fertigungsbedingten Toleranzen einsetzen zu können.
Der Teil „Graphikausgabe" hat die Aufgabe, die gemessenen Werte in einer übersichtlichen Form graphisch auf einem Bildschirm auszugeben. Beide vorstehend angegebenen Teilprogramme sind in PEARL geschrieben. Die Teile „Meßgrößenerfassung und -auswertung" sind in Assemblersprache geschrieben, um die Meßaufgabe mit maximaler Geschwindigkeit durchführen zu können. In diesem Programmteil werden die Initialisierung der Peripheriebausteine zur Meßwertaufnahme und die interruptgesteuerte Messung des Bläschendurchmessers und deren Geschwindigkeit vorgenommen. Nach Ablauf der Initialisierungsphase wird die Messung durch die Überdeckung der unteren Meßelektrode durch ein Gasbläschen gestartet. Gemessen werden die Zeiten der Pegelwechsel an den vier Elektroden. Die gewünschten Ergebnisse werden aus diesen Meßwerten abgeleitet und in anschaulicher und übersichtlicher Form auf dem Schirm dargestellt. Bild 5 zeigt das Übersichtsstrukturprogramm des Programmkonzeptes.

4. Ergebnisse

Mit dem realisierten Software-Paket ist die graphische Ausgabe der Geschwindigkeitsverteilung und der Größenverteilung (Durchmesser) auf einem Bildschirm vorgesehen. Bild 6 zeigt die Bildschirmausgabe einer Versuchsreihe.
Für den Dauerversuch wird, von der Software gesteuert, der Maßstab der Ordinaten automatisch korrigiert. Dadurch ist eine kontinuierliche Prozeßbeobachtung gesichert.
Als Option kann auf Benutzeranforderung der relative Gasgehalt im Reaktor eingeblendet werden. Dazu wird in einem definierten Zeitintervall (Zählwertvorgabe) der Signalpegel einer Sondenelektrode überprüft und der durch die Bedeckung durch ein Bläschen gegebene Zustand in Relation zur Gesamtdauer ermittelt. Zur weiteren Analyse des Gasstromes werden in einer Statuszeile zusätzliche Informationen gegeben. Die hier eingeblendeten Zahlen geben Aufschluß über die Anzahl der Blasen, die außerhalb der vorgegebenen Grenzen zur Verwertbarkeit der untersuchten Blasen liegen und daher nicht in die Meßwertauswertung übernommen wurden.

5. Ausblick

Ziel dieser Entwicklungen ist es, die Ergebnisse hinsichtlich der Genauigkeit der Messung von Gasblasengeschwindigkeit und -größe zu verbessern. Im Rahmen eines Projektes wurde am Institut für Technische Chemie der Universität Hannover ein Meßverfahren nach dem Ultraschallimpuls-Doppler-Prinzip entwickelt. In Zusammenarbeit mit der FH Hannover sind die Weiterentwicklung, der Aufbau und die Erprobung eines prozessorgesteuerten Systems zur Messung von Blasengeschwindigkeiten in Zweiphasensystemen mit Hilfe eines Ultraschallimpuls-Doppler-Anemometers erfolgt. Das System ist als Mehrprozessorsystem auf der Basis des Signalprozessors TMS320 relisiert. Die Signalauswertung erfolgt über zwei parallele Kanäle mit einer Abtastrate von 10 kHz je Kanal. Für die weitere Bearbeitung werden 256 Meßwerte je Kanal gepuffert und mit Hilfe eines FFT-Algorithmus eine komplexe diskrete Fourier-Transformation durchgeführt. Zur Signalaufbereitung wird ein schneller Zweikanal-AD-Umsetzer eingesetzt und an das Signalprozessorsystem angepaßt. Bild 7 zeigt das Prinzip des Meßsystems.

Zusammenfassung

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Technische Chemie der Universität Hannover wurde an der Fachhochschule Hannover im
(Fortsetzung auf S. 353)

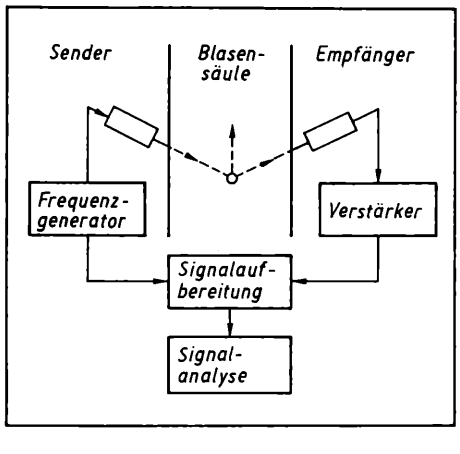


Bild 7. Meßanordnung des Ultraschallimpuls-Doppler-Anemometers

J. Košturiak, M. Gregor

Neue Prinzipien in der FFS-Modellierung und -Simulation

Einleitung

Die Simulationstechnik, mit deren Hilfe dynamisches und zufallsbedingtes Systemverhalten rechnerunterstützt am Modell studiert werden kann, gilt nach wie vor als einziges effektives und verläßliches Instrumentarium für die Untersuchung komplexer Fertigungsabläufe in flexibel automatisierten Produktionssystemen. Inzwischen hat sich dieses nahezu unentbehrliche Werkzeug deshalb folgerichtig vielerorts zu einem integralen Bestandteil jeder fundierten FFS-Planung entwickelt.

Die Haupttätigkeitsgebiete der Anwendung und Entwicklung der Computersimulation am Lehrstuhl Steuerung technologischer Prozesse der Hochschule für Verkehrs- und Nachrichtenwesen in Žilina/ČSSR sind:

- Anwendungen von neusten Simulationswerkzeugen für Simulationsstudien flexibler Fertigungs-, Lager-, Montage- und Transportsysteme in der Zusammenarbeit mit Betrieben
- Ausbildung von Spezialisten für die Simulationstechnik im Maschinenbau und Weiterbildung von Fachleuten aus der Praxis (Lehrgänge, Training, Pilotseminare)
- Weiterentwicklung neuer Prinzipien der Simulation in den zwei Hauptrichtungen:
  - Modellierung und Simulation mit der Hilfe der Petri-Netze
  - Integration der FFS-Simulation mit Steuerungsprinzipien.

Anliegen dieses Beitrages ist die kurze Beschreibung der letztgenannten zwei Entwicklungskonzepte.

1. Modellierung und Simulation mit Petri-Netzen

1.1. Grundlegendes zu Petri-Netzen

Ein Petri-Netz ermöglicht es, den Aufbau und die Arbeitsweisen von Systemen im Modell darzustellen. Dies trifft besonders auf die Nebenläufigkeit ablaufender Prozesse zu.

Dipl.-Ing. JÁN KOŠTURIAK (28) studierte von 1979 bis 1983 Maschinenbau an der Hochschule für Verkehrs- und Nachrichtenwesen in Žilina/ČSSR. Von 1983 bis 1984 im Handelsbetrieb ZVL ODBYT Žilina tätig. Seit 1984 Oberassistent am Lehrstuhl Steuerung technologischer Prozesse der o. g. Hochschule. Von 1987 bis 1988 Gasttätigkeit am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und -automatisierung (IPA) in Stuttgart/BRD. Abschluß der Dissertation für 1989 vorgesehen.

Dipl.-Ing. MILAN GREGOR (34) studierte von 1974 bis 1979 Maschinenbau an der Slowakischen Technischen Hochschule in Bratislava/ČSSR. Von 1979 bis 1984 Tätigkeit als Abteilungsleiter im Projektierungsbüro OKPS in Novaky. Seit 1984 Oberassistent am Lehrstuhl Steuerung technologischer Prozesse der Hochschule für Verkehrs- und Nachrichtenwesen in Žilina. 1988 Gasttätigkeit am Institut für Betriebswissenschaften der TU Wien. Abschluß der Dissertation für 1989 vorgesehen.

(Fortsetzung von S. 352)

Institut für Industrie-Elektronik und Digitaltechnik eine Reihe von Aufgabenstellungen aus der Meßtechnik bearbeitet, die Mikroprozessoren zur digitalen Signalverarbeitung einsetzen. Ein Beispiel der Aufbereitung und der Auswertung von Meßsignalen mit Mikroprozessorsystemen ist zum Einsatz in der chemischen Verfahrenstechnik vorgesehen.

Literatur

[1] BÖRKE, H.; FRIEDRICH, H.; LÜBBERT, A.: Ein intelligentes Interface für Prozeßrechner (in Vorbereitung).

[2] BENZ, C.; KUES, R.: μC-System zur Messung von Bioreaktordaten. Diplomarbeit, FH Hannover.

[3] HERRMAN, J.; MÜLLER, R.: Messung von Gasblasengeschwindigkeitsverteilungen in Zweiphasensystemen mit dem Signalprozessor TMS 32010. Diplomarbeit, FH Hannover. msr 9079

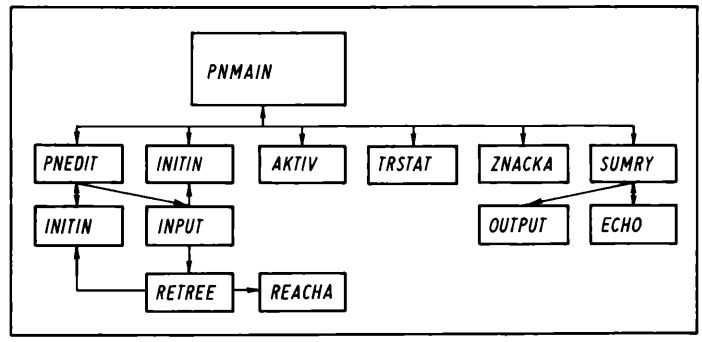


Bild 1. Struktur des Systems für die Analyse von Petri-Netzen

Nebenläufige Prozesse sind solche Prozesse, die zwar zu einem beliebigen Zeitpunkt gleichzeitig aktiv sind, jedoch nicht gleichzeitig ablaufen.

Man unterscheidet mehrere Typen von Petri-Netzen. Das einfachste ist das Zustands-Ereignis-Netz. Hier werden Zustände und Ereignisse durch Kreise und Quadrate dargestellt. Die Flußrelation zwischen den Elementen wird durch Pfeile (gerichtete Kanten) repräsentiert. Die Grundelemente des Netzes sind Marken, die den Zuständen (Kreise) des Netzes zugewiesen werden können.

Ein weiterer Netztyp ist das Stellen-Transitionen-Netz. In diesem Netztyp können die Zustände mehr als eine Marke erhalten. Die Zustände werden als Stellen bezeichnet, die Ereignisse heißen hier Transitionen und sie werden gewichtet.

Der dritte erwähnenswerte Netztyp sind die Prädikaten-Transitionen-Netze. In ihnen werden die einzelnen Marken unterschieden (weiterer Begriff „Farbige-Petri-Netze"), während bei den bisher genannten Netztypen nur austauschbare Einheitsmarken verwendet wurden.

Von den vorgestellten Netztypen eignen sich die Prädikaten-Transitionen-Netze am ehesten für die Beschreibung komplexer fertigungstechnischer Systeme.

Viele Untersuchungen dieser Systeme beschäftigen sich jedoch mit deren Zeitverhalten, um beispielsweise Aussagen über die Störanfälligkeit machen zu können. Da in Petri-Netzen die zeitliche Komponente nicht berücksichtigt ist, verwendet man die Netze mit einem Zeitschaltmechanismus (Zeitschalt-Petri-Netze). Durch dieses Konzept der Zeitschaltnetze sind Petri-Netze auch in der Lage, Nebenläufigkeiten in automatisierten Fertigungssystemen darzustellen.

Bei besonders komplexen Systemen mit einer großen Anzahl an Objekten wird die *Unternetztechnik* angewandt. Sie wird auch als *Verfeinern* bezeichnet.

Zusammenfassend bieten Petri-Netze die folgenden Möglichkeiten:

- Sie können als ein „einfaches", präzises Darstellungsmittel bezeichnet werden, das die Kommunikation zwischen Spezialisten und Nicht-Fachleuten erleichtert.
- Systeme können zur Komplexitätsreduzierung auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen beschrieben werden (Unternetztechnik, Verfeinern).
- Sie können neben dem statischen Aufbau auch das dynamische Verhalten eines Systems berücksichtigen.
- Sie bieten die Möglichkeit zur präzisen Darstellung nebenläufiger Prozesse.
- Sie können konkrete einzelne und untereinander informationell verknüpfte, nebenläufige Abläufe darstellen.
- Durch Einbetten und Verfeinern können Modelle leicht erweitert werden.

1.2. Programmsystem für die Simulation mit Petri-Netzen

Am Lehrstuhl Steuerung technologischer Prozesse wurde ein System für die qualitative und quantitative Analyse mit Petri-Netzen entwickelt. Die Struktur des Systems ist im Bild 1 dargestellt. Dieses

System ist in der Programmiersprache FORTRAN 4.0 geschrieben und ist auf SM 4-20 mit dem Betriebssystem DOS RV 2 oder auf IMB AT mit MS DOS abarbeitungsfähig.
Die Funktionen der einzelnen Programme sind:

PNMAIN — Zeitprogramm: leitet die Funktionen des gesamten Systems
PNEDIT — Beschreibung, Modifizierung und logische Kontrolle des Netzes
INITIN — Initialisierung der Felder im Programm, Einlesen der Eingabedaten
AKTIV — Programm für das Suchen der aktiven Ereignisse, Steuerung der Transaktionen im Netz
TRSTAT — Statistikerfassung
ZNACKA — Änderung der Marken
SUMRY — Standardausgabe
ECHO — Ausgabe der Beschreibung des Netzes
RETREE — Zugriffsanalyse des Baumes des Netzes — qualitative Analyse des Netzes.

Als Dateien stehen zur Verfügung:

INPUT.DAT — Eingabedaten
OUTPUT.DAT — Ausgabedaten
REACHA.DAT — Ergebnisse der qualitativen Analyse des Netzes.

Die quantitative Analyse eines Materialflußsystems mit Petri-Netzen besteht in der Bestimmung der quantitativen dynamischen Parameter des Systems, z. B. Durchsatz, Maschinenauslastung, Durchlaufzeit u. a.
Die qualitative Analyse beschreibt die Grundeigenschaften des Petri-Netzes, wie Aktivität, Begrenzung, Deadlock u. a. Es ist sinnvoll, zuerst die qualitative Analyse und anschließend die Simulation zur Untersuchung des quantitativen Verhaltens durchzuführen. Wenn die qualitative Analyse Probleme im Netz ergibt, dann ist die folgende Simulation oftmals sinnlos und führt nur zur Kostenerhöhung für zu viele nötige Simulationsexperimente.
Die Grundprinzipien der Darstellung eines realen Systems mit Petri-Netzen sind im Bild 2 gezeigt.

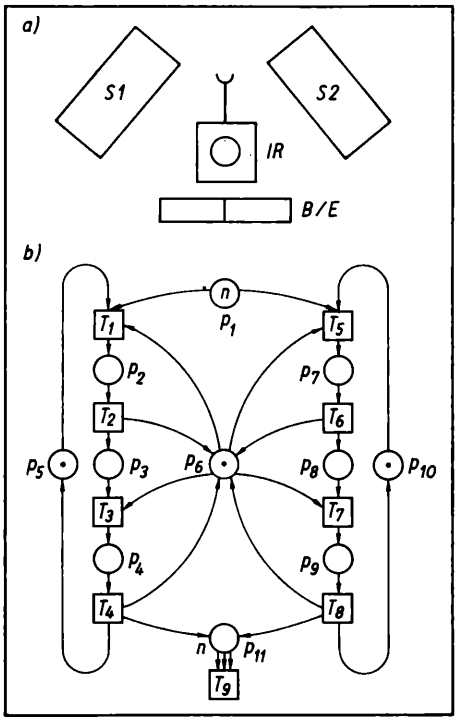


Bild 2. Fertigungszelle
a) Modellierungsobjekt (S1, S2 Bearbeitungszentren; IR Industrieroboter; B/E Belade-/Entladestation);
b) Petri-Netz-Darstellung (p_1, p_{11} B/E-Station; p_2, p_7 S1, S2 beladen; p_3, p_8 S1, S2 arbeiten; p_4, p_9 S1, S2 entladen; p_5, p_{10} Steuerung S1, S2 frei; p_6 Steuerung IR frei; T_1, T_5 Start der Beladung; T_2, T_6 Ende der Beladung, Start der Arbeit S1, S2; T_3, T_7 Ende der Arbeit S1, S2; T_4, T_8 Ende der Entladung S1, S2; T_9 Ende der Simulation)

2. FFS-Simulation und Steuerungsprinzipien

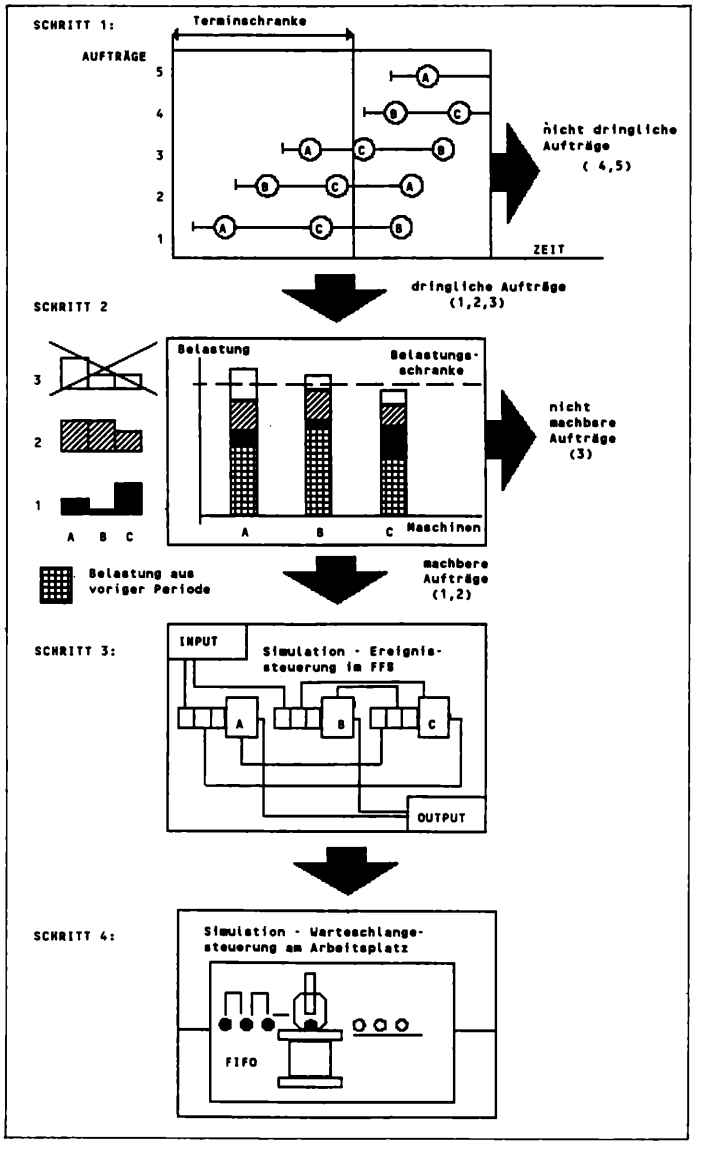
2.1. Theoretische Grundlagen

Rechnerunterstützte Verfahren, die schon bei der Planung auch Fertigungssteuerungsaspekte mit einbeziehen, sind seit längerer Zeit bekannt. Es handelt sich hierbei z. B. um analytische Warteschlangemodelle, meistens jedoch um Simulationsmodelle, in denen für Planungszwecke spezielle Algorithmen implementiert wurden, um Aufgaben der Auftragsfreigabe und Arbeitsverteilung zu erfüllen. Verbreitet ist die Verwendung externer und interner, ein- und mehrstufiger Prioritätsregeln, die entsprechend den Belangen des jeweiligen Anwendungsfalles auszuwählen sind. Verschiedene Untersuchungen zeigen, daß man den beiden Einflußmöglichkeiten Auftragsfreigabe und Arbeitsverteilung einer Fertigungssteuerung beim späteren Betrieb (und auch als Voraussetzung hierfür) schon bei der Planung unterschiedliche Bedeutung zumessen muß:

— Anhaltende Engpässe und Leerzeiten sind stets die Folge einer unausgewogenen und unkontrollierten Belastung der Werkstatt und können durch die Abfertigungsreihenfolge nicht beseitigt werden.
— Je stärker die Abfertigungsreihenfolge von der FIFO-Regel abweicht, desto stärker streuen die Durchlaufzeiten der abgefertigten Aufträge.
— Im Interesse einer sicheren Terminplanung sollten jedoch Streuung und Mittelwert der Durchlaufzeiten kontrolliert und auf einem geplanten (beherrschbaren) Niveau gehalten werden.
— Für eine effektive Fertigungssteuerung ist eine funktionsgerechte Auftragsfreigabe bedeutend wichtiger als ein verfeinertes Reihenfolgeprinzip [1].

Die belastungsorientierte Einsteuerung ermöglicht dann die Anwendung der FIFO-Regel als relativ einfachen Steuerungsalgorithmus.

Bild 3. Prinzipien der belastungsorientierten Steuerung bei der FFS-Simulation



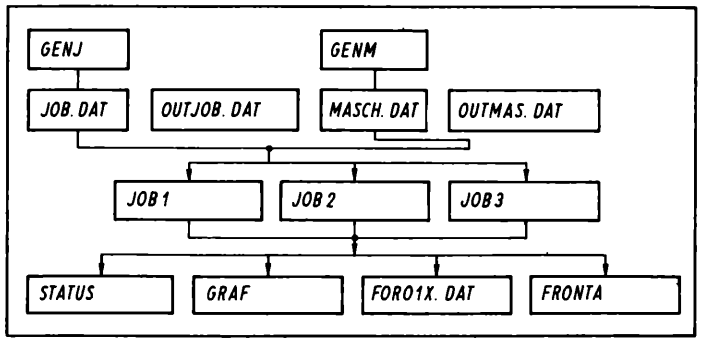


Bild 4. Struktur des Simulationssystems für ein FFS mit unterschiedlichen Steuerungsprinzipien

Der Schwerpunkt liegt im Zugang der Aufträge ins System. Er stellt das einzig wirksame Werkzeug dar, den Fertigungsfluß zu beeinflussen.

Die Auftragsfreigabe, die mit der Bereitstellung des Rohmaterials, der notwendigen Unterlagen und der übrigen Hilfsmittel den Beginn der Fertigung einleitet, ist letztlich für die Anzahl der Aufträge und damit auch für den Bestand in der Werkstatt verantwortlich. Niedrige Bestände bedeuten auch eine geringere Konkurrenz unter den wartenden Aufträgen vor den Arbeitsplätzen, die die Senkung der Durchlaufzeitstreuung ermöglichen. Neben den obengenannten Vorteilen führt diese Strategie auch zur Zwischenlager-, Magazin-, Speicher- und Transportmittelreduzierung.

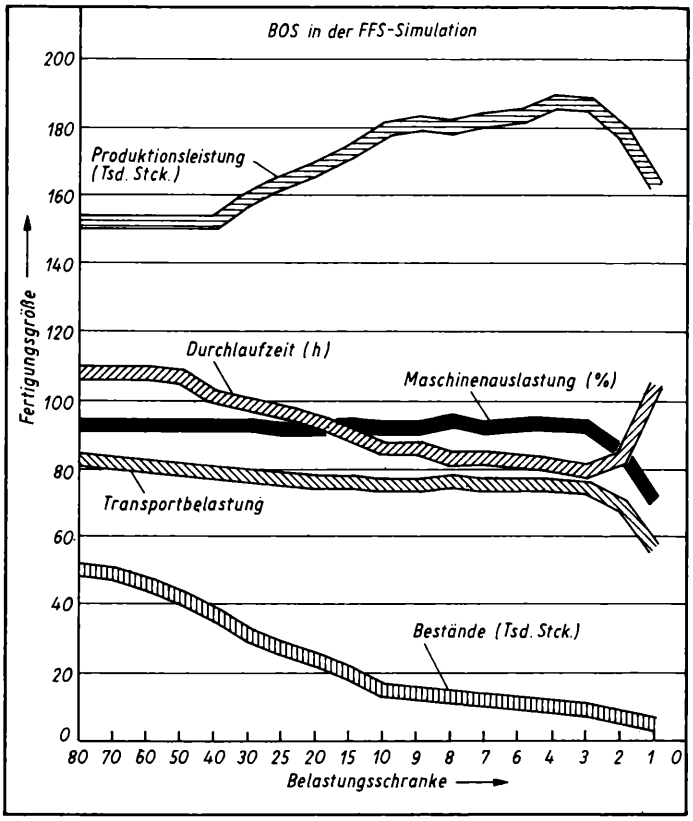


Bild 6. Simulationsergebnisse

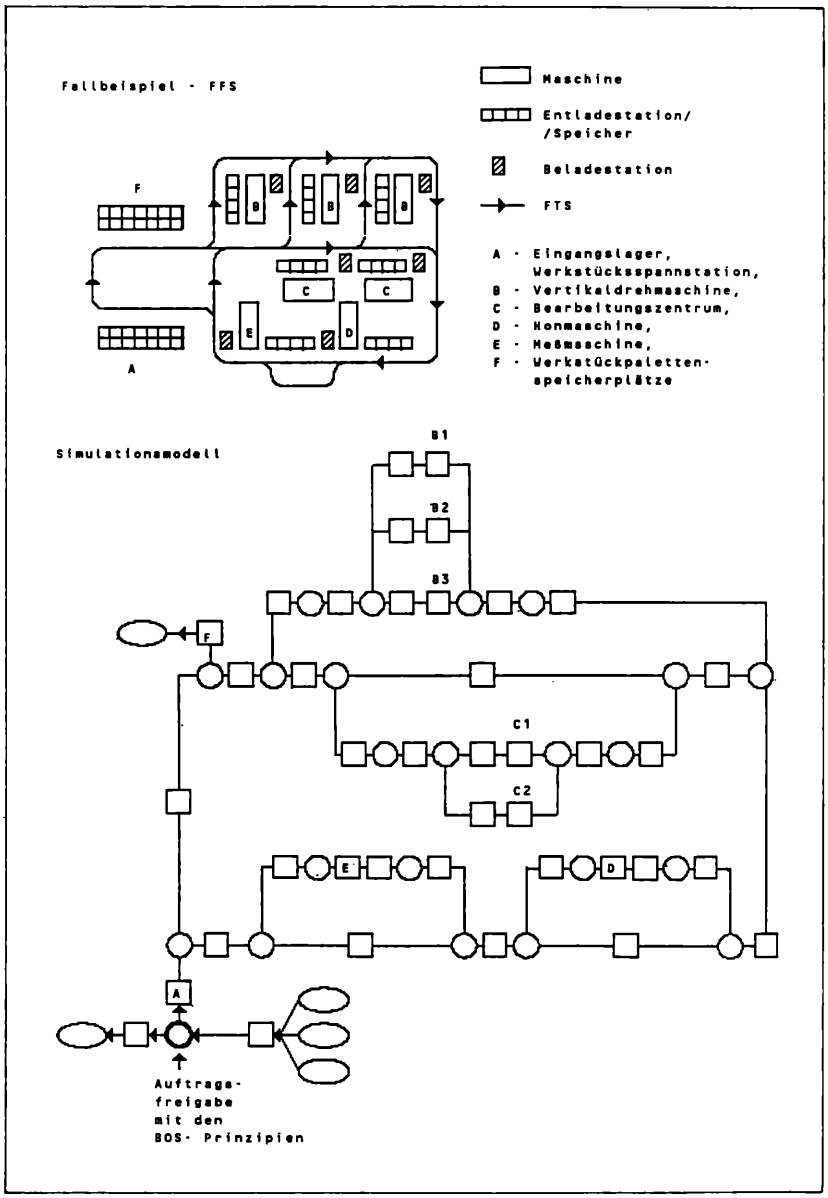


Bild 5. Fallbeispiel: FFS und Simulationsmodell

Die Simulation mit den Prinzipien der belastungsorientierten Steuerung (BOS) erfolgt in den vier Schritten (Bild 3):

1. mittels Durchlaufterminierung und Terminschranken dringliche Aufträge bestimmen
2. realisiserbare Aufträge mittels Belastung der beteiligten Arbeitsplätze unter Beachtung der Belastungsschranken freigeben
3. Ereignisverwaltung in den System- und Bereichsebenen
4. Auftragsabfertigung an den Arbeitsplätzen.

2.2. Programmsystem für die FFS-Simulation mit Steuerungsprinzipien

Dieses System enthält drei selbständige Programmteile (JOB1, JOB2, JOB3), in denen unterschiedliche Steuerungsprinzipien angewandt werden. Die Struktur des Systems ist im Bild 4 dargestellt.

Die Funktionen der Programme und Dateien sind:

GENJ	— Vorbereitung des Produktionsplanes (Datei JOB.DAT)
JOB1	— Hauptprogramm für die Simulation mit der Arbeitsverteilung nach Prioritäten
JOB2	— Hauptprogramm für die ereignisorientierte Simulation mit Prioritäten
JOB3	— Hauptprogramm für die Simulation mit BOS-Regeln
STATUS	— Datei mit den Ereignissen der Simulation
GRAF	— Grafische Darstellung des Fertigungsflusses
FORO1X.DAT	— Maschinenbelegung der Maschinengruppe X
FRONTA	— Erfassung der Belastung der Maschinen.

Das Programmsystem wurde in FORTRAN 7.0 geschrieben, auf VAX/VMS und teilweise SM 4-20/DOS RV 2 lauffähig gemacht und für ein FFS (siehe Bild 5) im Beispiel angewandt. Das Fertigungssystem besteht aus 4 Maschinengruppen. Das Produktionsprogramm umfaßt 30 Aufträge.

Bei dem Experiment wurden die Zusammenhänge der Fertigungsmaschinenauslastung, Durchlaufzeit, Bestände, Termintreue mit den Steuerungswerten — Belastungsschranken und der Freigabeperiode geprüft. Ein Teil der Ergebnisse ist im Bild 6 dargestellt.

Die Aussage ist paradox. Bis zu einer Belastungsschranke von 40 wartenden Aufträgen im System blieben die Maschinenauslastung und die Produktionssteigerung konstant, was aus der Überlastung des Systems mit höheren Beständen und aus den daraus folgenden größeren Wartezeiten mit Blockierungen folgt.

Ab einer Anzahl von 40 Aufträgen im System bleibt die Produktionsleistung des Systems gleich, aber die Anzahl der fertigen Aufträge steigt. Einen günstigen Verlauf zeigen auch die Durchlaufzeiten für die Bestände.

Zusammenfassung

Der Schwerpunkt dieses Beitrages ist nicht die Präsentation eines professionellen Softwarepaketes, sondern die Vorstellung der Grundprinzipien, die bei dessen Gestaltung eine wichtige Rolle spielen. Die weitere Entwicklung und die Praxisanwendungen solcher Prinzipien auch in anderen Simulatoren sollte zur Reduzierung von Investitionsrisiken und zur Verbesserung der Plansicherheit bei komplexen Produktionssystemen beitragen.

Literatur

[1] Wiendahl, H. P.: Belastungsorientierte Fertigungssteuerung — Grundlagen, Verfahrensbau, Realisierung. München/Wien: Carl-Hanser-Verlag 1987.

[2] Košturiak, J.: FFS-Simulationskonzept. TZ für Metallbearbeitung 81 (1988) 3, S. 21—24.

[3] Košturiak, J.; Gregor, M.: Simulation of Flexible Manufacturing Systems in new conditions. Computers in Industry. North Holland 1989.

[4] Gregor, M.; Košturiak, J.: Enumerative Analyse der qualitativen Eigenschaften von Petri-Netzen (slowakisch). Automatizace, SNTL Prag 32 (1989) 6, S. 147—151.

msr 9071

L. Rothe

Rezeptive Sensorkomponenten für den Spektralbereich der Mikro- und Millimeterwellen

Die automatische Prozeßsteuerung setzt voraus, daß geeignete Steuerfunktionen in Form logischer oder analytischer Beziehungen vorliegen. Prozeßspezifische unabhängige Variable derartiger Steuerfunktionen sind damit als aktuelle Zustandsgrößen aufzufassen, die voraussetzungsgemäß an Objektsignale der zugeordneten Prozeßelemente gebunden sind. Daraus abgeleitet basieren die Entwurfskriterien von Erkennungssystemen auf der Lösung des Problems der Zuordnung geeigneter Sensor- bzw. Erfassungssysteme. Verbindet man diese Problematik mit den prozeßrelevanten Komplexen der Bewegung bzw. Ortsveränderung von Körpern bzw. Objekten, dann ergeben sich insbesondere die sensorischen Aufgaben einer Identifikation und Lageerkennung.

In der gegenwärtigen Generation von Automatisierungssystemen werden für Echtzeitanwendungen in der Mehrzahl niedrigdimensionale Sensoren, wie optische Entfernungs- und Orientierungssensoren, eingesetzt. Kapazitive bzw. induktive Systeme sowie taktile Sensoren sind auf der gleichen Basis als Elemente derartiger Erkennungssysteme zu bewerten.

Die Verfügbarkeit von Sensoren mit taktiler Matrix resultiert aus der Notwendigkeit der Umsetzung von Funktionen des Tastsinns für die spezifischen Automatisierungssysteme. Dabei ist der Einsatz taktiler Sensoren als Einzelsensor sowie auch als funktionelles Ergänzungselement paralleler Sensorsysteme denkbar. Um äquivalente Funktionseigenschaften der genannten Sensorsysteme, insbesondere unter dem Aspekt der Mikrostrukturierbarkeit, zu erzeugen, erscheint aus gegenwärtiger Sicht die Berücksichtigung bzw. Anwendung planarer Sensorkomponenten des Mikro- und Millimeterwellenspektrums als aussichtsreiche Sensorlösung. Der interne Feldmechanismus derartiger Elemente läßt einerseits eine selektive und lokale Informationserkennung und -auswertung hoher Empfindlichkeit zu. Andererseits sind auf der Grundlage der Reziprozität die Eigenschaften der Quelle der Objektenergie sowie der Erfaßbarkeit der zuzuordnenden Objektenergie integrierbar.

1. Übersicht über planare Sensorkomponenten für den Mikro- und Millimeterwellen-Spektralbereich

Im Vergleich zum sichtbaren Spektralbereich beinhaltet das Mikrowellenspektrum die Möglichkeit der Durchstrahlung dielektrischer Objekte. Für den Fall vollständig elektrisch leitender Objekte ist die Anwendbarkeit der Beugungstheorie zur Beschreibung der Objektinformation gegeben.

Anwendungen der Mikrowellensensorik sind bereits in der Entfernungsmeßtechnik zur Objekterkennung mittels Radarsonden [1] bis [7] gegeben.

Zur Fernerfassung der Raumlage von Objekten in deren zugeordneten translatorischen bzw. rotatorischen Koordinaten wird in [8] ein Algorithmus zur Bewertung der frequenzabhängigen Rückstreuamplitude im Mikrowellenbereich beschrieben.

Die Auswertung der räumlichen Verteilung der Rückstreukomponenten einer von einem Zielobjekt mit unbekannten Streueigenschaften reflektierten Wellenfront mit Fernfeldeigenschaften wird in [9] zur Erfassung ebener Flächenziele untersucht. Infolge der linearen Verknüpfung von Raum und Zeit über den Parameter der Ausbreitungsgeschwindigkeit des elektromagnetischen Feldes projiziert die Überlagerung der differentiellen Wellenkomponenten am Empfangsort die räumliche Dimension in die Dimension der Zeit. Die Bestimmung der ortsabhängigen Rückstreuamplitudendichte erscheint als Problem der mehrdimensionalen Systemtheorie. Weitere Radarverfahren zur Messung des Streuprofils von Zielobjekten im Zeitbereich wurden in [10] bis [12] entwickelt. Der Anwendungsbereich des Mikrowellenspektrums auf dem nachrichtenübertragenden Sektor ist aufgrund der Vielfalt der Spezifik nur repräsentativ eingrenzbar [13] bis [19]. Neu ist die konzentrierte Aufmerksamkeit, die auf die Entwicklung von Substitutionslösungen für Infrarot- und optische Sensorsysteme gerichtet ist. Begründet ist diese Entwicklungsrichtung durch die physikalischen Eigenschaf-

Dr. sc. techn. Lutz Rothe (37) studierte von 1969 bis 1973 an der Sektion Informationstechnik und theoretische Elektrotechnik der TH Ilmenau. Anschließend dort wissenschaftlicher Assistent. 1978 Promotion A (Mikrowellentechnik). Von 1980 bis 1986 Praxistätigkeit. Danach wissenschaftlicher Oberassistent am Wissenschaftsbereich Informationstechnik der TH Leipzig. 1988 Promotion B.

ten elektromagnetischer Wellen des Millimeterwellenspektrums bezüglich der Durchstrahlungsfähigkeit dielektrischer Medien bzw. die Lösungsmöglichkeit des Sichtbarkeitsproblems unter den Bedingungen der atmosphärischen Ausbreitung. Signifikante Einschränkungen des Anwendungsbereiches von Sensorlösungen des Millimeterwellenspektrums aufgrund der systembedingten höheren Auflösung von Infrarot- bzw. optischen Sensoren sind dabei nicht postulierbar. Die Ortungstechniken für den Bereich der Infrarot- bzw. optischen Wellenlängen sind auf den Spektralbereich der Mikro- und Millimeterwellenlängen übertragbar.

Neuzeitliche bzw. perspektivische Anwendungen des Spektralbereiches der Zentimeterwellen sind auf Verfahren der satellitengestützten Erdoberflächen- und Atmosphärenforschung gerichtet. Unterschieden werden hierbei Radarverfahren auf der Grundlage der Erfassung und Abbildung der oberflächenspezifischen Rückstreuintensität quer zur Satellitenflugbahn gerichtet ausgestrahlter Mikrowellensignale sowie Scatterometerverfahren zur Beobachtung rückgestreuter Signale. Scatterometerverfahren beruhen auf der spektralabhängigen Messung der Amplitude und Phase reflektierter oder gestreuter elektromagnetischer Wellen relativ zu den Amplituden und Phasenwinkeln einfallender Wellen. Der Begriff verbindet sich mit der wellenmäßigen Beschreibung des Wellen- bzw. -strahlungsverhaltens über die sogenannte Streu-(Scattering-)Matrix. Mikrowellen-Radiometerverfahren basieren auf der Erfassung der Erdatmosphäre, deren Konfiguration Rückschlüsse auf meteorologische Parameterdistributionen zuläßt.

Die allgemeine und gemeinsame Problematik der spezifischen Erkennungsprobleme des zugrundeliegenden Spektralbereiches besteht in der Konzeption spektralbezogener rezeptiver Sensorkomponenten der Eigenschaft extern steuerbarer Strahlungsdiagramm-Synthesemöglichkeiten sowie einer hohen Integrationsfähigkeit. Einzuschließen sind dabei insbesondere für die Lösung adaptiver Erkennungsprobleme vorauszusetzende Sensoreigenschaften [20].

Unter der Berücksichtigung der dargestellten Entwicklungsrichtungen sensorischer Aufgaben erweist sich die Konzentration auf derartige rezeptive Sensorlösungen als erforderlich, deren Parametervariabilität für die repräsentativ genannten spezifischen Erkennungsaufgaben auf der Basis eines identischen physikalischen internen Wirkungsmechanismus gegeben ist. Insbesondere die in neuerer Zeit auch international unter den verschiedensten Aspekten diskutierten Planarstrukturen der Mikrostrip- und Mikroslot-Technik zeigen konstruktive Ansatzpunkte zur Lösung der Problematik rezeptiver Sensorkomponenten für den zugrundeliegenden Spektralbereich. Microstrip- und Microslot-Wellenleiter stellen Sonderformen von Wellenleitern der Hoch- und Höchstfrequenztechnik dar, die mittels der Dünnschichttechnik realisierbar sind und über Wellenleiter hinausgehend die Konfigurierung kompletter Mikrowellenschaltungen in Analogie zur Technik der gedruckten Schaltungen zulassen.

2. Feldtheoretische Lösungsmethoden

Um sowohl den Wirkungsmechanismus als auch die sensororientierten Perspektiven dieser Technik analytisch einzugrenzen, seien zunächst die feldtheoretischen Lösungsmethoden des zwei- sowie dreidimensionalen Randwertproblems planarer unsymmetrischer Konfigurationen diskutiert.

Obwohl für das Sensorproblem nur von partieller Bedeutung, soll die Analyse des strahlungsfreien Falls vorangestellt werden. Da eine exakte Lösung des Randwertproblems an die mathematisch bzw. physikalisch exakte Erfaßbarkeit der Grenzbedingungen des Systems gebunden ist, deren Formulierbarkeit unter realen Bedingungen auf klassische Fälle feldtheoretischer Eigenwertprobleme eingeschränkt bleiben wird, lassen sich solche problemkorrelierende Eigenwertaufgaben ausschließlich auf der Grundlage mathematischer Näherungsverfahren darstellen. Ursprüngliche Betrachtungen der Parameter unsymmetrischer planarer Strukturen für den zweidimensionalen Fall gehen von einem Quasi-TEM-Feldtyp als Grundwellentyp aus. Dessen Kenngrößen ergeben sich näherungsweise aus der Laplace-Gleichung. Die Dispersion des Phasenkoeffizienten des Grundwellentyps sowie Grenzfrequenzen und Eigenwellen höherer Typen sind über diese Lösungsmethode nicht beschreibbar [21] bis [25]. Diese Parameter sind ausschließlich über die Lösung des vollständigen Systems der Maxwellschen Gleichungen erfaßbar. Beiträge auf dieser Grundlage stützen sich zunächst auf die Einführung leitender Berandungen, um die mit dem offenen Feldbereich verbundenen Rand- und Anpassungsbedingungen zu umgehen [26] bis [31]. Ein in [32] entwickeltes und angewendetes Verfahren beruht auf dem Gedanken, den Querschnitt in jeweils homogene Teilbereiche zu partialisieren, in denen die Wellengleichungen in ihrer bekannten Form gelten. Zur Erzielung einer numerisch ausgerichteten Reduktion wird die Berechnung der Feldkomponenten auf die Ermittlung der skalaren Potentiale zurückgeführt. Das Verfahren gestattet die Berechnung des Grundwellentyps mit beliebiger Genauigkeit, läßt jedoch ausschließlich die Betrachtung eines definierten Feldzustandes zu.

In [43] wird die Möglichkeit der frequenzabhängigen Lösung des Feldproblems analysiert. Die hierbei gewählten Lösungsfunktionen für den Fall eines fortschreitenden Feldes stellen Funktionale der Frequenz sowie der statischen und Korrekturfeldamplituden dar.

Die Modifizierung des in [32] entwickelten Lösungsverfahrens zur Untersuchung des Feldproblems partiell berandeter Mikrostrip-Strukturen erfolgt in [34].

Unter der Voraussetzung der allseitig leitenden Systemberandung [35] ist die Darstellbarkeit der Feldzustände nach Oberflächenwellen- und Hohlleiterwellentypen gegeben.

Der Fall der realen offenen Struktur ist unter der Voraussetzung der auf Modellberandungen basierenden Verfahren über die numerische Expansion des Berandungsvolumens simulierbar. Ansätze einer strengen mathematisch aufwendigen Lösung des Randwertproblems offener Konfigurationen sind in der Anwendung numerischer Methoden im Spektralbereich, d. h. im Bereich der Fourier-Transformierten der Feldgrößen, gegeben [36] bis [38].

Approximationsmethoden, die postulierte oder Stromverteilungen der quasistatischen Näherung bzw. Linienströme zugrundelegen, werden in [31] und [39] bis [42] untersucht. In [43] werden Mikrostrip-Konfigurationen sowie Planarstrukturen der Slot-, Suspented-Substrate- und De-Ronde-Technik mittels einer modifizierten Momentenmethode analysiert. Relevant ist in diesem Zusammenhang die Übertragbarkeit auf Strukturen an räumlich getrennten Grenzflächen als Voraussetzung funktionaler Beschreibungen für den Fall modifizierter bzw. modifizierbarer Konfigurationen.

Die mit den Variationsmethoden verwendeten Momentenmethoden erscheinen insbesondere unter dem Gesichtspunkt der Umgehung unanschaulischer Konstruktionen problembezogener Funktionale als geeignete Lösungsmethode zur Darstellung physikalisch relevanter Mechanismen.

Verfahren zur numerischen Lösung des elektromagnetischen Eigenwertproblems planarer Strukturen für den Fall beliebiger Konturen werden in [44] analysiert. Möglichkeiten der Formulierung des Problems mittels seiner Quellen bestehen über den Substitutionsprozeß der zu untersuchenden Struktur durch äquivalente Oberflächenstromdichten. Mathematisch strenge Lösungen dieser modifizierten Problemstellung werden in [27] und [45] bis [47] angegeben.

Das dynamische Verhalten eindimensional offener Modelle wird in [49] unter dem Aspekt der Strahlungsphänomene untersucht.

Die Klassifizierung der Lösungsmethoden des zweidimensionalen Randwertproblems für den strahlungsfreien Fall führt zu der nachfolgend dargestellten Übersicht. Es existieren Lösungsmethoden auf der Grundlage der:

- TEM-Wellenausbreitung und Isotropie [21] bis [25] und [50] bis [53]
- Hybrid-Wellenausbreitung und Isotropie [26] bis [34] [36] bis [38] [40] [41] [44] bis [48] und [54] bis [62]
- TEM-Wellenausbreitung und Anisotropie [63] [64] und [90]
- Hybrid-Wellenausbreitung und Anisotropie [65] bis [72].

Für die Berechnung der Eigenfrequenzen und Felder endlich ausgedehnter Strukturen werden Näherungsmethoden angewendet, die unter Vernachlässigung der Randstreufelder auf der Auffassung

der Systemstrukturen — lateral von magnetischen Berandungen begrenzte Hohlräume — basieren [73] bis [78].
In [79] und [80] werden zur Beschreibung der Feldzustände Modelle vorausgesetzt, die auf dem Berechnungsmodus des Quasi-TEM-Bandleitungsmodells [81] sowie der magnetischen Modellberandung basieren. Diese Modellierungsalgorithmen überführen die realen hybriden Wellentypen der offenen Struktur in transversal magnetische bzw. transversal elektrische Wellentypen eines den Grenzbedingungen genügenden magnetisch berandeten Modells.
Derartige Modellierungsalgorithmen verlieren jedoch ihre Gültigkeit für den Fall hoher Freiheitsgrade der Systemstruktur sowie für gekoppelte Resonanzstrukturen.
Die Reduzierung des von der speziellen Geometrie unabhängigen Problems berandeter Strukturen auf eine integrale Eigenwertbeziehung für die Oberflächenstromdichte erfolgt über die Anwendung der Methode von GALERKIN auf der Basis modifizierter orthogonaler Entwicklungsfunktionen für die Oberflächenstromdichten der Systemstruktur [47].
Mit der Beschreibung der physikalischen Basis über die Quellen elektromagnetischer Felder aktiver Strukturen wird in [44] eine Lösungsmöglichkeit des elektromagnetischen Eigenwertproblems endlich und beliebig begrenzter Konfigurationen angegeben. Die Zweckmäßigkeit dieser Beschreibungsform besteht in der Beschränkung der Quellen auf einen begrenzten geometrischen Bereich unter der Voraussetzung der Erfüllung der Sommerfeldschen Ausstrahlungsbedingung durch die quellenbedingten elektromagnetischen Felder. Um die Systemparameter von Erkennungssystemen auf der Grundlage rezeptiver Sensorkomponenten der gegenständlichen Microstrip- sowie Microslot-Technik bzw. die Systemfunktionale der Sensorkomponenten selbst ableiten zu können, ist die Beschreibbarkeit des Mechanismus der Feldausbreitung bzw. des Strahlungsmechanismus vorauszusetzen.
Das vollständige Spektrum von Feldtypen einer offenen unsymmetrischen Struktur der bezeichneten Technik folgt aus der Überlagerung des diskreten Spektrums einer unendlichen Zahl von Eigenfeldtypen sowie des unendlichen kontinuierlichen Spektrums von Strahlungsfeldtypen.
Setzt man eine harmonische Zeitabhängigkeit der Feldtypen

$$\vec{e}(t) = \vec{E}\, e^{j(\omega t \pm \gamma z)} \tag{1.1}$$

$$\vec{h}(t) = \vec{H}\, e^{j(\omega t \pm \gamma z)} \tag{1.2}$$

mit der Definition der Raumkoordinaten z als Richtungskoordinaten der Feldausbreitung voraus, läßt sich das Spektrum der Feldtypen nach den zugeordneten Ausbreitungskoeffizienten klassifizieren. Dabei gilt für den Fall der Eigenfeldtypen

$$\mathrm{Re}\,[\gamma] = 0 \tag{2}$$

$$\beta > k_0 \tag{3}$$

bzw. für den Fall der Strahlungstypen

$$\begin{aligned} &\mathrm{Re}\,[\gamma] = 0 \quad \text{(Ausbreitungstypen)} \\ &\mathrm{Im}\,[\gamma] = 0 \quad \text{(Dämpfungstypen)}\,. \end{aligned} \tag{4}$$

Die Feldtypen erfüllen die Orthogonalitätsbedingung untereinander sowie zu den kontinuierlichen Strahlungstypen [82]. Für den Fall der linear unabhängigen Lösungen der Eigenfeldtypen

$$\vec{e}_i^{\,E} = \vec{e}_{tri}^{\,E} \cdot e^{-j\beta_i z} + \vec{e}_{zi}^{\,E} \cdot e^{-j\beta_i z}\,, \tag{5.1}$$

$$\vec{h}_i^{\,E} = \vec{h}_{tri}^{\,E} \cdot e^{-j\beta_i z} + \vec{h}_{zi}^{\,E} \cdot e^{-j\beta_i z}\,, \tag{5.2}$$

$$\vec{e}_j^{\,E} = \vec{e}_{trj}^{\,E} \cdot e^{-j\beta_j z} + \vec{e}_{zj}^{\,E} \cdot e^{-j\beta_j z}\,, \tag{5.3}$$

$$\vec{h}_j^{\,E} = \vec{h}_{trj}^{\,E} \cdot e^{-j\beta_j z} + \vec{h}_{zj}^{\,E} \cdot e^{-j\beta_j z} \tag{5.4}$$

gilt unter der Voraussetzung $\beta_i \neq \beta_j$

$$\int_{A_0} \vec{e}_i^{\,E} \times \vec{h}_j^{\,E} \vec{z}^{\,0}\, \mathrm{d}A = \int_{A_0} \vec{e}_j^{\,E} \times \vec{h}_i^{\,E} \vec{z}^{\,0}\, \mathrm{d}A = 0\,. \tag{6}$$

Unter der Voraussetzung $\beta_i = \beta_j$ gilt:

$$\int_{A_0} [\vec{e}_i^{\,E} \times (\vec{h}_i^{\,E} + C\vec{h}_j^{\,E})^* + (\vec{e}_i^{\,E} + C\vec{e}_j^{\,E}) \times \vec{h}_i^{\,E*}]\, \vec{z}^{\,0}\, \mathrm{d}A = 0 \tag{7}$$

mit der Bedingung

$$2 \int_{A_0} \vec{e}_i^{\,E} \times \vec{h}_i^{\,E*}\, \mathrm{d}\vec{A} + C \int_{A_0} \vec{e}_i^{\,E} \times \vec{h}_j^{\,E*}\, \mathrm{d}\vec{A} + C \int_{A_0} \vec{e}_j^{\,E} \times \vec{h}_i^{\,E*}\, \mathrm{d}\vec{A} = 0\,. \tag{8}$$

Unter Berücksichtigung der Strahlungstypen gilt

$$\int_{A_0} \vec{e}^{\,E} \times \vec{h}^{\,S} \vec{z}^{\,0}\, \mathrm{d}A = \int_{A_0} \vec{e}^{\,S} \times \vec{h}^{\,E} \vec{z}^{\,0}\, \mathrm{d}A = 0\,. \tag{9}$$

$\vec{e}^{\,E}, \vec{h}^{\,E}$ Eigenfeldtypen; $\vec{e}^{\,S}, \vec{h}^{\,S}$ Strahlungstypen

Die kontinuierlichen Strahlungstypen überlagern sich zum kontinuierlichen Strahlungsspektrum. Die eigenständige Erfüllung der Ausstrahlungsbedingung [83] und [84] durch die kontinuierlichen Strahlungstypen ist jedoch nicht gegeben.
Als Strahlungsgrenze ist die Bedingung

$$\beta < k_0 \left[1 - \left[\frac{k_c}{k_0}\right]^2\right]^{1/2} \tag{10}$$

definierbar.
Für den Fall offener Konfigurationen entspricht der Grenzwert dem Wert des Ausbreitungsmaßes des Oberflächenwellentyps niedrigster Ordnung [49]. Unter Zuordnung der Phasengeschwindigkeit der Feldtypen lassen sich die spektralen Feldtypabhängigkeiten angeben:

$\mathrm{Re}\,[\gamma] = 0$, $[\beta k_0^{-1}]^2 > 0$ } Spektralbereich der Ausbreitungsfeldtypen

$\mathrm{Re}\,[\gamma] = 0$, $[\beta k_0^{-1}]^2 > 1 - [k_c k_0^{-1}]^2$, $v_{ph} < c$ } Spektralbereich der Eigenfeldtypen

$\mathrm{Re}\,[\gamma] = 0$, $1 - [k_c k_0^{-1}]^2 > [\beta k_0^{-1}]^2 > 1$, $v_{ph} < c$ } Spektralbereich der Strahlungsfeldtypen mit longitudinaler Strahlungskomponente

$\mathrm{Re}\,[\gamma] = 0$, $0 < [\beta k_0^{-1}]^2 < 1$, $v_{ph} > c$ } Spektralbereich der Strahlungsfeldtypen mit sowohl longitudinaler als auch transversaler Strahlungskomponente

$\mathrm{Im}\,[\gamma] = 0$, $[\beta k_0^{-1}]^2 < 0$ } Spektralbereich der Dämpfungstypen

c Ausbreitungsgeschwindigkeit für den Fall des evakuierten Ausbreitungsraumes; v_{ph} Phasengeschwindigkeit des elektromagnetischen Feldes; k Wellenzahl $2\Pi\lambda_0^{-1}$; γ Ausbreitungsmaß des elektromagnetischen Feldes; β Phasenkonstante des elektromagnetischen Feldes.

Die Voraussetzung des elektromagnetischen Feldes als Objektsignal- bzw. Objektinformationsträger erfordert die Beschränkung des physikalisch möglichen Feldtypenspektrums auf den Spektralbereich der Strahlungsfeldtypen.
Die Beschreibung der rezeptiven Parameter des Sensorproblems auf der Grundlage des feldbedingten Wechselwirkungsmediums ist damit an die Definition der funktionalen Feldapertur gebunden. In Anwendung der Diskontinuitätentheorie werden Aperturmodifikationen in [85] und [86] untersucht. Von der Postulierung der Strahlungstypen als diskrete Wellentypen mit komplexer Ausbreitungskonstante [87], deren Existenz im spektralen Wertebereich $(\beta/k_0)^2 < 1$ möglich ist, wird in [88] ausgegangen. Die Darstellbarkeit des Strahlungsfeldes der Strahlungsräume derartiger Leckwellenstrukturen durch komplexe Wellentypen ist unter der Voraussetzung der Existenzfähigkeit diskreter komplexer Eigenwerte als Lösung der homogenen Wellengleichung für das strahlende System sowie der Bedingung der Dominanz der komplexen Eigenwerte für die zugeordneten Aperturfelder gegeben. Die Sensorfelder als Funktionale der Aperturfelder des Sensors sind über die Anwendung des Huygensschen Prinzips ableitbar.
Die Modifizierbarkeit der Lösung des dreidimensionalen Randwertproblems ist über die Beschreibung der Felder als Folge endlich begrenzter Quellkonfigurationen [44] gegeben. Die Berechnungs- bzw. Näherungsmethoden zur Beschreibung des Strahlungsverhaltens planarer Diskontinuitäten als dreidimensionales

Randwertproblem in inhomogener Stoffverteilung sind dabei methodisch klassifizierbar:

- Definition elektrodynamischer Potentiale für vorgegebene Strom- bzw. Ladungsquellen
- Entwicklung der Greenschen Dyade vorgegebener Quellkonfigurationen
- Substitution der internen Quellen eines vorgegebenen Resonatormodells durch äquivalente externe Quellen der postulierten Berandung bzw. Quellaperturen
  - Formulierung der Randbedingungen über die Stetigkeitsbedingungen der Felder
  - Formulierung der Randbedingungen über Impedanzbedingungen
- Lösung des Strahlungsproblems nach optischen Methoden
- Modifizierung der Kirchhoffschen Näherung.

Für den Fall der Bewertung der strahlungssensiblen Apertur eines Sensorsystems als Bezugsebene zwischen dem Detektions- bzw. Erfassungssystem und felderfülltem Ausbreitungs- bzw. Übertragungsraum sind planare Komponenten der vorgestellten Technik als rezeptive Funktionselemente intelligenter Sensorsysteme bzw. Erkennungssysteme für die folgenden Wechselwirkungsmechanismen der systembezogenen Objektsignale auffaßbar:

- adaptive Zuordnung der Amplitudencharakteristik
- adaptive Zuordnung des Phasenzustandes
- adaptive Zuordnung der spektralen Sensibilität
- adaptive Zuordnung des Polarisationszustandes.

Für Sensorsysteme des Mikro- und Millimeterwellenspektrums sind damit Ansätze integrationsfähiger rezeptiver Systemkomponenten sensorbezogener Anpassungs- bzw. Adaptionssysteme formulierbar.

Ausblick

Anwendungen der Mikrowellensensorik sind bereits in der Entfernungsmeßtechnik zur Objektortung mittels Radarsonden gegeben. Die räumliche Verteilung der Rückstreukomponenten einer von einem Sensorobjekt mit unbekannten Streueigenschaften reflektierten Wellenfront mit Fernfeldeigenschaften ist aufgrund der linearen Verknüpfung von Raum und Zeit über den Parameter der Ausbreitungsgeschwindigkeit in die zeitliche Dimension projizierbar. Über die Raum-Zeit-Projektion hinausgehend läßt die frequenzabhängige Bewertung der Rückstreuamplituden Konzeptionen zur Fernerfassung der Raumlagen von Objekten in ihren translatorischen und rotatorischen Koordinaten zu.
Entscheidende Grundlagen zur Anwendung dieser systemtheoretischen Mechanismen sind in diesem Zusammenhang die rezeptiven Elemente der problembezogenen Erkennungssysteme. Während konventionelle hochfrequente Signalwandler nur auf partielle Wechselwirkungsmechanismen der systembezogenen Objektsignale begrenzt sind, lassen sich den rezeptiven Funktionselementen der vorgestellten Technik die Adaptivitätskriterien der Amplituden- und Phasencharakteristik sowie auch der spektralen und Polarisationssensibilität zuordnen. Damit wäre der rezeptiven Sensorik die Grundlage gegeben, integrationsfähige multifunktionale und hybride Eingangskomponenten als Funktionsglieder intelligenter Erkennungssysteme für die Objekterkennung einzusetzen.

(Fortsetzung von S. 350)

[6] Stone, H. W.; Neuman, C. P.: Dynamic Modelling of a Three-Degree-of-Freedom Robotic Manipulator. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics SMC-14 (1984) 4, pp. 643—653.
[7] Vukobratovic, M.; Potkonjak, V.: Dynamics of Manipulation Robots, Theory and Application. Berlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1982.

msr 9073

Literatur

[1] Chan, L. C.; Peters, L.; Moffatt, D. L.: Improved Performance of a Subsurface Radar Target Identification System Through Antenna Design. IEEE Trans. Antennas and Propagation AP-29 (1981) 2, pp. 307—311.
[2] Chan, L. C.: Subsurface electromagnetic target characterization and identification. Ph. D. dissertation. Dep. Elec. Eng., Ohio State Univ., Columbus 1979.
[3] Deviak, R. J.; Goldhirsh, J.; Miller, A. R.: Bistatic radar detection of high altitude clear-air atmospheric targets. Rad. Sci. 7 (1972), pp. 993—1003.
[4] Nathanson, F. E.: Radar design Principles. New York: McGraw Hill Book Company 1969.
[5] Stoll, P.: Das Bodenüberwachungsradar Rasit 72A2. Elektrisches Nachrichtenwesen 50 (1975) 1, S. 44—50.
[6] Tessmar, G.: Technologische Aspekte für zukünftige mobile Radars zur Geländeüberwachung. Elektrisches Nachrichtenwesen 57 (1982) 1, S. 37—43.
[7] Seashore, C. R.; Mily, J. E.; Kearns, B. A.: Millimeter-wave radar and radiometer sensors for guidance systems. Microwave Journal 22 (1979) 8, pp. 47—51.
[8] Chaloupka, H.; Grau, H.-G.; Schüller, M.: Mikrowellensensoren zur mehrdimensionalen Erfassung der Raumlage von Körpern. NTG-Fachberichte 93, S. 358—363.
[9] Kleintz, M.: Anwendung der mehrdimensionalen System- und Signaltheorie auf Probleme der aktiven Mikrowellen-Fernerkundung. NTG-Fachberichte 84, S. 361—368.
[10] Chaudhuri, S. K.; Chow, Y. L.: A baseband radar with logperiodic antenna and post-reception processing scheme. AEÜ 35 (1981) 10, pp. 391—396.
[11] Moffatt, D. L.: Interpretation and application of transient and impulse response approximations in electromagnetic scattering problems. Electro-science Lab. of Electrical Engineering, Ohio State University, Columbus 1968.
[12] Kennaugh, E. M.; Moffatt, D. L.: Transient and impulse response approximations. Proc. IEEE 53 (1965), pp. 893—901.
[13] Meinel, H.; Rembold, B.: Commercial and scientific application of millimetric and submillimetric waves. The radio and electronic Eng. 49 (1979), p. 351.
[14] Dupois, P.; Treheux, M.: Optical communications versus microwave transmission systems. 10th EuMC 1980, Warszawa/Poland 1980.
[15] Blodin, D. J.: European Space Microwave technology. 10th EuMC 1980, Warszawa/Poland 1980.
[16] Meinel, H.; Rembold, B.: Funkübertragung im Millimeterwellenbereich. Wiss. Berichte AEG-Telefunken 54 (1981), S. 177.
[17] Plattner, A.; Sicking, F.; Meinel, H.: 40GHz-Kommunikationssysteme. Nachrichtentechn. Z. 33 (1980), S. 668.
[18] Hofmann, H.: Dispersion of planar waveguides for millimetre-Wave Applications. AEÜ 31 (1977), S. 40.
[19] Meinel, H.; Adelseck, B.; Callsen, H.: A survey of planar integrated mm-wave components. Military Microwave Symp. Digest. pp. 82—87, London 1980.
[20] Rothe, L.: Adaptive Erkennungssysteme zur Erfassung elektromagnetischer Strahlungsfelder. Nachrichtentechnik/Elektronik, Berlin 38 (1988) 11, S. 411—415.
[21] Wheeler, H. A.: Transmission-line properties of parallel strips separated by a dielectric sheet. IEE Trans. MTT-13 (1965), p. 172.
[22] Silvester, P.: TEM wave properties of microstrip transmission lines. Proc. IEE, 115 (1968), p. 43.
[23] Yamashita, E.; Mittra, R.: Variational method for the analysis of microstrip lines. IEEE Trans., MTT-16 (1968), p. 251.
[24] Bryant, G. T.; Weiss, J. A.: Parameters of microstrip transmission lines and of coupled pairs of microstrip lines. IEEE Trans., MTT-16 (1968), p. 1021.
[25] Judd, S. V.; Whiteley, I.; Clowes, R. J.; Richard, D. C.: An analytical method for calculating microstrip transmission line parameters. IEEE Trans., MTT-18 (1970), p. 78.
[26] Hornsby, J. S.; Gopinath, A.: Fourier analysis of a dielectric loaded waveguide with microstrip line. Electronics Letters 5 (1969), p. 265.
[27] Mittra, R.; Itoh, T.: A new technique for the analysis of the dispersion characteristics of microstrip lines. IEEE Trans. MIT-19 (1971), p. 47.
[28] Kowalski, G.; Pregla, R.: Dispersion characteristics of shielded microstrips with finite thickness. AEÜ 25 (1971), p. 193.
[29] Daly, P.: Hybrid-mode analysis of microstrip by finite-element methods. IEEE Trans. MITT-19 (1971), p. 19.

[30] Corr, D. G.; Davies, J. B.: Computer analysis of the fundamental and higher order modes in single and coupled microstrip. IEEE Trans. MTT-20 (1972), p. 669.
[31] Krage, M. K.; Haddad, G. I.: Frequency-dependent characteristics of microstrip transmission lines. IEEE Trans. MTT-20 (1972), p. 678.
[32] Grünberger, G. K.: Das Wellenfeld der geschirmten Microwellen-Streifenleitung unter Berücksichtigung der Längskomponenten. Diss., TU München 1971.
[33] Grünberger, G. K.; Meinke, H. H.: Experimenteller und theoretischer Nachweis der Längsfeldstärken in der Grundwelle der Mikrowellen-Streifenleitung. NTZ 7 (1971), S. 364.
[34] Koch, W.: Untersuchung der Kennwerte von Microstripleitungen mit Hilfe des Elektronenrechners. Diss., TH Ilmenau 1973.
[35] Schmidt, L. P.: Zur feldtheoretischen Berechnung von transversalen Diskontinuitäten in Microstrip-Leitungen. Diss., RWTH Aachen 1979.
[36] Itoh, T.; Mittra, R.: Spectral-domain approach for calculating the dispersion characteristics of microstrip lines. IEEE Trans. MTT-21 (1973), S. 196.
[37] van de Capelle, A. R.; Luypaert, P. J.: Fundamental- and higher -order modes in open microstrip lines. Electronics Letters 9 (1973), p. 345.
[38] Jansen, R.: A moment methode for covered microstrip dispersion. AEÜ 29 (1975), p. 17.
[39] Tai Tsun Wu: Theory of the microstrip. J. Appl. Phys. 28 (1957), p. 299.
[40] Denlinger, E. J.: A frequency dependent solution for microstrip transmission lines. IEEE Trans. MTT-19 (1971), p. 30.
[41] Kowalski, G.; Pregla, R.: Dispersion characteristics of single and coupled microstrips. AEÜ 26 (1972), p. 276.
[42] Itoh, T.; Mittra, R.: Dispersion characteristics of a microstrip line. Proc.: Europ. Microwave Conf. 1971.
[43] Schumacher, W.: Zur Berechnung der Leitungswellenlänge zwei- und dreischichtiger planarer Leitungen mit einer Momentenmethode. Diss., Universität Fridericiana Karlsruhe 1979.
[44] Jansen, R.: Zur numerischen Berechnung der Eigenfrequenzen und Eigenfunktionen von Microstrip-Strukturen beliebiger Kontur. Diss., RWTH Aachen 1975.
[45] Jansen, R.: A modified least-squares boundary residual (LSBR-)-method and its application to the problem of shielded microstrip dispersion. AEÜ 26 (1974), p. 275.
[46] Itoh, T.; Mittra, R.: A technique for computing dispersion characteristics of shielded microstrip lines. IEEE Trans. MTT-22 (1974), p. 896.
[47] Jansen, R.: Computer analysis of shielded microstrip structures. AEÜ 29 (1975), p. 241.
[48] Jansen, R.: High-order finite element polynomials in the computer analysis or arbitrarily shaped microstrip resonators. AEÜ 30 (1976), p. 71.
[49] Ermert, H.: Guiding and radiation characteristics of planar waveguides. Microwaves, Optics and Acoustics 3 (1979) 2, p. 59.
[50] Brenner, H. E.: Numerical solution of TEM-line problems involving inhomogeneous media. IEE Trans. MTT-15 (1967), p. 485.
[51] Stinehelfer, H. E.: An accurate calculation of uniform microstrip transmission line. IEEE Trans. MTT-16 (1968), p. 439.
[52] Cohn, S. B.: Transmission medium for integrated circuits. Int. Microwave Sympos., Detroit/Michigan 1968.
[53] Lennartsson, B. L.: A network analoque method for computing the TEM-characteristics of planar transmission lines. IEEE Trans. MTT-20 (1972), p. 586.
[54] Ermert, H.: Ein Verfahren zur Berechnung der Dispersion und der Feldverteilung von Wellentypen auf einer Microstreifenleitung. Habil., Universität Erlangen—Nürnberg 1975.
[55] Schumacher, W.: Wellentypen und Feldverteilungen auf unsymmetrischen planaren Leitungen mit inhomogenem Dielektrikum. AEÜ 34 (1980), S. 445.
[56] Wharton, R. P.: A dominant mode analysis of microwave hybrid integrated circuit transmission lines. Ph. D. dissertation, Georgia Inst. Technol. Atlanta 1970.
[57] Hornsby, J. S.; Gopinath, A.: Numerical analysis of a dielectric-loaded waveguide with a microstrip line-finite-difference method. IEEE Trans. MTT-17 (1969), p. 684.
[58] Schulz, U.; Pregla, R.: A new technique for the analysis of the dispersion characteristics of planar-waveguides. AEÜ 34 (1980), p. 169.
[59] Jansen, R.: Zur numerischen Berechnung geschirmter Streifenleitungsstrukturen. AEÜ 29 (1975), p. 241.
[60] Jansen, R.: Fast accurate hybrid mode computation of nonsymmetrical coupled microstrip characteristics. 7. Europ. Microwellenkonf., München 1977.
[61] Schumacher, W.; Lehmann, R.: Berechnung der Felder von Streifen- und Schlitzleitungen, der Stromverteilung auf den Leitern der Schlitzleitung und deren Auswirkung auf die Leitungsdämpfung. AEÜ 33 (1979), p. 417.
[62] Eaves, R. E.; Bolle, D. M.: Modes on Shielded Slot lines. AEÜ 24 (1970), p. 389.
[63] Horno, M.: Calculation of quasi-static characteristics of microstrip on anisotropic substrate using mapping method. IEEE MTTS Internat. Microwave Symp., Dig., Washington D.C. 1980.
[64] Bahl, I. J.; Bhartia, P.: Analysis of inhomogeneous Broadside-Coupled striplines employing anisotropic substrates. AEÜ 35 (1981), p. 492.
[65] El Sherbiny, A. N. A.: Hybrid mode analysis of microstrip lines on anisotropic substrates. IEEE MTTS Internat. Microwave Symp. Dig., Los Angeles/California 1981.
[66] Borburgh, J.: Theoretische Untersuchungen der Dispersion und Feldverteilung von Wellentypen einer Microstreifenleitung mit gyrotropem Substrat. Diss., Universität Erlangen—Nürnberg 1976.
[67] Krause, N.: Ein Verfahren zur Berechnung der Dispersion einer Mikrostreifenleitung auf gyrotropem Substrat. AEÜ 31 (1977), p. 205.
[68] Minor, J. C.: Modes in the shielded microstrip and microslot on a ferrite substrate magnetized transverse to the direction of propagation and in the plane of the substrate. Diss. Brown University, Providence Rhode Island (USA) 1971.
[69] Lange, F. J. K.: Analysis of Shielded strip- and slot-lines on an ferrite substrate transversely magnetized in the plane of the substrate. AEÜ 36 (1982), p. 95.
[70] Böck, G.: Phasenkoeffizient der Schlitzleitung mit Ferritsubstrat. Frequenz 36 (1982), S. 314.
[71] Grabowski, K. S.; Mazur, J.; Kitlinski, M.: MIC-wave-guiding structure filled with anisotropic media Conf. Proceedings, 10th Europ. MW Conf., Warszawa/Poland 1980.
[72] Kapusta, H.: Planare Wellenleiter auf gyrotropem Substrat. Diss., RWTH Aachen 1982.
[73] Wolff, J.; Knoppik, N.: Rectangular and circular microstrip disk capacitors and resonators. IEEE Trans. MTT-22 (1974), p. 857.
[74] Itoh, T.; Mittra, R.: Analysis of a microstrip disc resonator. AEÜ 27 (1973), p. 456.
[75] Wu, Y. S.; Rosenbaum, F. J.: Mode chart for microstrip ring resonators. IEEE Trans. MTT-21 (1973), p. 487.
[76] Watkins, J.: Circular resonant structures in microstrip. Electronics Letters 5 (1969), p. 524.
[77] Kretzschmar, J. C.: Mode charts for elliptical resonant cavities. Electronics Letters 6 (1970), p. 432.
[78] Irish, R. T.: Elliptic resonator and its use in microcircuit systems. Electronics Letters 7 (1971), p. 149.
[79] Kompa, G.: Die frequenzabhängigen Übertragungseigenschaften von Streifenleitungs-Wellenwiderstandssprüngen, Filtern und Stichleitungen in Microstriptechnik. Diss., RWTH Aachen 1975.
[80] Knoppik, N.: Resonanzfrequenzen und Gütefaktor von Resonatoren in unsymmetrischer Streifenleitungstechnik. Diss., RWTH Aachen 1975.
[81] Wheeler, H. A.: Transmission-line properties of parallel strips separated by a dielectric sheet. IEEE Trans. MTT-13 (1965), p. 172.
[82] Collin, R. E.: Field theory of guided waves. New York: McGraw Hill Book Company 1960.
[83] Sommerfeld, A.: Optik. Thun: Verlag Harri Deutsch 1978.
[84] Walter, O. H.: Traveling wave antennas. New York: McGraw Hill Book Company 1965.
[85] Sobol, H.: Radiation conductance of open-circuit microstrip. IEEE Trans. MTT-19 (1971), p. 885.
[86] Derneryd, A. G.: A network model of the microstrip antenna. IEEE-AP-S Symposium, Stanford 1977.
[87] Collin, R. E.; Zucker, F. J.: Antenna theory part 2. New York: McGraw Hill Book Company 1969.
[88] Collin, R. E.: Field theory of guided waves. New York: McGraw Hill Book Company 1960.
[89] Malkomes, M.: Numerische und experimentelle Analyse gedruckter Microstrip-Antennen und verkoppelter Antennengruppen. Diss., RWTH Aachen 1982.
[90] Koul, S.K.; Bhat, B.: Transverse Transmission line method for the analysis of Broadside-coupled microstrip lines with anisotropic substrates. AEÜ 37 (1983), p. 59.

R. Wieland

LISP — eine Einführung für Automatisierungstechniker 7

Mit
(SETF x (get-file "aktueller-pathname"))
kann x an die gelesene Datei gebunden werden und ist damit im Hauptspeicher verfügbar.
In umgekehrter Richtung kann die Ausgabe implementiert werden.

```
(DEFUN put-file (pathname file)
  (SETF put-stream (OPEN pathname
                         :direction :output
                         :element-type 'unsigned-byte))
  (DOTIMES (i (LENGTH file))
    (WRITE-CHAR (AREF file i) put-stream))
  (CLOSE put-stream))
(put-file "c: \\user\\test. txt" "das ist ein test")
```

Das würde auf das Laufwerk c in die Directory user eine Datei namens test. txt mit dem angegebenen Inhalt abspeichern. Zur Organisation von Direktzugriffsdateien macht sich Positionierung eines Zeigers erforderlich. Das kann in LISP durch folgende Anweisung realisiert werden:

(FUNCALL file :set-pointer stelle).

Dabei wird auf ein eröffnetes File ein Zeiger an eine „stelle" positioniert. Mit READ-BYTE bzw. WRITE-BYTE kann dann auf dieses Zeichen zugegriffen werden. Nach einem Lese- bzw. Schreibzugriff wird der Zeiger um eine Stelle verschoben. Ein *Beispiel* soll das prinzipielle Vorgehen verdeutlichen: Es soll die Satzlänge einer dBASE-III-Datei gelesen werden. Dazu ist der Zeiger auf Zeichen 10 zu positionieren.

```
(DEFUN satzl (pathname)
  (SETF file (OPEN pathname
                   :element-type 'unsigned-byte))
  (FUNCALL file :set-pointer 10)
  (SETF satzlänge (READ-BYTE file))
  (CLOSE file))
```

In der Variablen „Satzlänge" ist nun die Länge eines Datensatzes einer dBASE-Datei gespeichert.
Mit dieser Methode lassen sich komplizierte Dateizugriffe aufbauen. So kann z. B. leicht eine Kopplung von LISP-Programmen mit dBASE-Dateien realisiert werden.
Bemerkt werden soll an dieser Stelle, daß die Arbeit mit den Filepointern in Wirklichkeit durch das Zusammenspiel mit dem Betriebssystem überlagert ist. Das Betriebssystem liest ab der durch den Pointer spezifizierten Stelle Zeichen in die Eingabepuffer von LISP. Die Pointer bestimmen dabei die Stelle, ab der in den Puffer gelesen wird. Die Puffer sind vom Typ Vektor und in der globalen Variablen *open-file-streams* verfügbar. Bei komplizierten Ausgabeoperationen ist zu beachten, daß immer der gesamte Puffer zurückgeschrieben wird. Falls nur einzelne Bytes geändert werden sollen, so ist mit AREF auf den Puffer direkt zuzugreifen. Das ist aber nur bei gezielten Änderungen in vorhandenen Dateien von Bedeutung. Für Lesezugriffe über Pointer und sequentielles Schreiben spielen diese Puffer keine Rolle.
Abschließend zu den E/A-Funktionen sei bemerkt, daß weitere Funktionen, die speziell auf eine Zusammenarbeit mit dem Betriebssystem ausgerichtet sind, existieren. Auf diese Funktionen soll hier nicht näher eingegangen werden. Eine direkte Nutzung von Betriebssystemressourcen ist über die Funktion DOS möglich. Diese Funktion unterbricht den LISP-Interpreter und ermöglicht den Übergang ins Betriebssystem, behält aber LISP im Hintergrund. Nach Abarbeitung des externen Programms (nicht nur Programme des Betriebssystems sind nutzbar) ist mit EXIT eine Rückkehr in LISP möglich. Die Bereitstellung von Speicherplatz muß der Nutzer über die LISP-Funktion ALLOCATE selbst organisieren. Diese Problematik ist aber stark von der verwendeten Hardware und der LISP-Version abhängig und kann hier nicht weiter behandelt werden.
Eine einfache Funktion zum Laden von LISP-Programmen, die z. B. unter Nutzung von Wordstar erstellt wurden, ist:

(LOAD „programmname").

Diese Methode ist oft zweckmäßig, da der zu GC-LISP gehörende Editor sehr viel Speicherplatz beansprucht und damit für größere Anwenderprogramme Speicherplatzprobleme auftreten.

2.6. Maschinenfunktionen

Gerade für den Einsatz in der Automatisierungstechnik ist ein Zugriff auf die Hardware häufig erforderlich. Eine Aufgabe bildet z. B. die Bereitstellung von Prozeßdaten für ein Expertensystem, das in LISP implementiert wurde. Programmiersprachen für Personalcomputer enthalten eine Reihe von Funktionen, um die Hardwareressourcen nutzbar zu machen. GC-LISP erlaubt den direkten Speicherzugriff, die Adressierung von IO-Ports und die Behandlung von Interrupts.

1. Direkter Speicherzugriff

(%CONTENTS basis offset) ⇒ byte word higher-word
byte: adressiertes Byte
word: adressiertes Wort
higher-word: Wort auf der folgenden Adresse
(%CONTENTS-STORE basis offset value data-size) ⇒ NIL
datasize: NIL = Speicherung des value in adressiertes Byte
T = Speicherung des value in adressiertes Wort
integer = Speicherung im Low-Teil von Doubleword

2. Adressierung eines IO-Ports

(%IOPORT io-address value word-p) ⇒ in-value/out-value
word-p: NIL = Byte-Transfer
T = Word-Transfer

3. Systeminterrupt

(%SYSINT interrupt-type ax bx cx dx &OPTIONAL ds es) ⇒ Flags ax bx cx dx
Die Register im Befehl %SYSINT dienen als Übergabeparameter. Mit %SYSINT können z. B. auch alle Systeminterrupts des Betriebssystems genutzt werden. Damit ist es möglich, Ressourcen des Betriebssystems ohne Unterbrechung des LISP-Interpreters zu nutzen. Das setzt allerdings eine gute Kenntnis des Betriebssystems voraus.
Die vorgestellten Maschinenfunktionen werden durch drei weitere ergänzt:

(%POINTER obj) ⇒ offset basis
(%UNPOINTER basis offset) ⇒ obj
(%STRUCTUR-SIZE obj) ⇒ physische Größe des Objektes im Hauptspeicher

Mit diesen Funktionen ist eine Lokalisation eines Objektes im Hauptspeicher möglich. Das bietet z. B. Möglichkeiten zur Schaf-

fung von Schnittstellen für die Parameterübergabe an andere EXE-Files. Der Anwender könnte z. B. am Anfang seines LISP-Programms ein Feld vereinbaren, das dann von anderen Programmen als gemeinsamer Speicher genutzt wird. Die angerissenen Aufgaben sind, wenn auch für die praktische Nutzung wichtige, so doch Spezialfragen, die mit der eigentlichen LISP-Programmierung wenig zu tun haben. Außerdem setzt die Lösung derartiger Problemstellungen eine gute Kenntnis auch der Hardware der eingesetzten Maschine voraus. Aus diesem Grund soll nicht näher auf das Zusammenspiel von LISP und anderen Programmen eingegangen werden.

3. LISP als moderne Programmiersprache

3.1. Geltungsbereiche der Variablenbindungen

Als explizite Zuweisungsoperation diente bisher die SETF-Anweisung. Damit war es möglich, globale Variablenbindungen zu vereinbaren. Moderne Programmierprinzipien fordern aber, daß Funktionen nach ihrer Aktivierung keine Änderung in ihrer Umgebung bewirken, also keine globalen Größen beeinflussen. Diese sog. seiteneffektfreie Programmierung erlaubt die Herstellung von Software, die auch im Zusammenspiel mit anderen Moduln problemlos funktioniert. Funktionen, die einmal getestet sind, können dann in anderen Funktionen benutzt werden, ohne daß nachträglich mit Fehlern zu rechnen ist. Die seiteneffektfreie Programmierung unterstützt damit besonders die Teamarbeit an großen Softwareprojekten, wie es Expertensystem-Shells sind. Für eine seiteneffektfreie Programmierung ist es notwendig, daß alle Variablen in einer Funktion nur lokale Bedeutung haben und die Funktion nur durch ihren Rückgabewert in der Lage ist, Werte zu übermitteln. Die Realisierung lokaler Variablenbindungen wird in LISP mit der LET-Anweisung durchgeführt. Sie hat folgende Struktur:

(LET ({var (var-value)}*) {form}*) ⇒ last-form-result .

In der LET-Anweisung werden die Variablen mit Werten belegt (bzw. NIL falls kein Wert spezifiziert wurde). Abschließend erfolgt eine sequentielle Auswertung der LISP-Formen mit dem Rückgabewert der letzten LISP-Form.

Beispiel:

```
(LET ((x 3) (y 7))
     (+ x y) (* x y))      ⇒ 21
also x: = 3; y: = 7 f(x, y) := 21
```

Die Anweisung (+ x y) ist in diesem Beispiel bedeutungslos, da eine Funktion immer nur einen Rückgabewert hat. Dieser Rückgabewert kann natürlich auch eine Liste sein. Damit könnte z. B. auch die Liste der in der vorigen LET-Anweisung berechneten Werte zurückgegeben werden:

```
(LET ((x 3) (y 7))
     (LIST (+ x y) (* x y)))    ⇒ (10 21)
```

Auch eine Liste ist im Sinne der seiteneffektfreien Programmierung als ein Wert zu betrachten. (In C würde das einem Zeiger als Rückgabewert entsprechen.) Außerhalb der LET-Anweisung sind die Werte von x und y nicht verfügbar. Ein Zugriff auf diese würde mit einer Fehlermeldung oder mit ihrem globalen Wert, falls er vereinbart wurde, quittiert. An dieser Stelle sei bemerkt, daß die Beispiele der E/A-Funktionen besser mit der LET-Anweisung ausgeführt werden. Dem Leser sei eine Umstellung der Beispiele überlassen. Nun bilden lokale Variable zwar eine wichtige Bedingung zur Erzeugung sicherer Software, sind aber als Programmierprinzip nichts Neues. Im Gegensatz dazu bilden statische Variable eine Speicherklasse, die nicht in jeder modernen Programmiersprache enthalten ist. Das Wesen statischer Variabler besteht darin, daß sie genau wie lokale Größen nur in dem Funktionskörper gültig sind, in dem sie definiert sind, darüber hinaus aber mit berechneten Werten belegt werden können, die sie dann auch nach Suspendierung der Funktion behalten. Diese Variablen „frieren" ihre Werte also ein und erlauben bei erneuter Aktivierung der Funktion einen Zugriff darauf. In LISP wird der Umgang mit statischen Variablen durch abgeschlossene Funktionsumgebungen, den sog. CLOSUREs ermöglicht:

(CLOSURE variablenliste funktion).

In der Variablenliste erfolgt die statische Variablenbindung. Als Beispiel des Umgangs mit einem CLOSURE diene die Implementierung eines Integer-Generators, der mit jedem Aufruf eine eingestellte Zahl inkrementiert und diesen Wert zurückgibt. Derartige Mechanismen dienen z. B. bei der Simulation getakteter Systeme als Hilfsprozesse.

```
(DEFUN integer-generator (n)
    (CLOSURE '(n) '#(LAMBDA () (SETF n(+ 1 n))) ))
```

Es wird also eine Funktion definiert, die als Parameter eine Zahl erwartet und diese Zahl als statische Größe behandelt. Das Ergebnis dieser Funktionsdefinition bildet keine eigentliche Funktion, sondern ein ganzes Funktionsobjekt, d. h., erst eine Zuweisung auf eine konkrete Funktion ermöglicht die Arbeit mit diesem Objekt. Im Beispiel soll der Integer-Generator an die Größe „zähler" mit einem n = 5 gebunden werden. Der Integer-Generator wird also mit 5 initialisiert, und bei jedem weiteren Aufruf der Funktion „zähler" wird der erhöhte Wert zurückgegeben. Zur Aktivierung der Funktion „zähler" stehen die Anweisungen FUNCALL bzw. SEND zur Verfügung. Sie bewirken beide eine Aktivierung des CLOSURE.

```
(SETF zähler (integer-generator 5))
(SEND zähler) ⇒ 6
(SEND zähler) ⇒ 7   usw.
```

Die Anwendung der CLOSUREs ist äußerst vielseitig. Es lassen sich eine Reihe von Aufgaben unter Verwendung von CLOSUREs elegant lösen, die sonst doch erheblich umständlichere Programme erforderten. CLOSUREs können gewissermaßen als Vorstufe für eine Realisierung einer objektorientierten Hülle für LISP-Programme dienen. In diesem Sinne verwendet der Autor diesen Funktionstyp zur Speicherung von Frames in Expertensystemen. Ein weiterer Anwendungsfall soll im folgenden Abschnitt diskutiert werden.

3.2. Makros in LISP

Kennzeichen einer modernen Programmiersprache ist auch ein ausgefeiltes Makrokonzept. Dabei lassen sich wieder Bezüge zu C finden. Vereinfacht gesprochen besteht der Sinn von Makros darin, bestimmte, häufig wiederkehrende Programmtexte durch „Kürzel" zu ersetzen und damit Schreibarbeiten zu sparen. Diese eingesetzten „Kürzel" werden dann im Programm wieder zu dem ursprünglichen Programmtext expandiert.

Bevor die Makros in LISP behandelt werden können, macht es sich erforderlich, auf den „Backquote-Mechanismus" von LISP kurz einzugehen. Häufig besteht die Aufgabe, daß in gequoteten Listen doch bestimmte Teile einer Auswertung unterzogen werden sollen. Dazu dient das sogenannte Backquote „`" (vgl. QUOTE ' und Backquote `). Als Beispiel sei x an '(+ 3 5) gebunden und y soll als y := (* x z) gebunden werden. So setzt man:

```
(SETF y '(* x z)                ⇒ (* x z)
```

Mit „ , " kann aber eine Auswertung innerhalb von Backquote erzwungen werden:

```
(SETF y `(* ,x z))              ⇒ (* 8 z) .
```

Dieses Vorgehen ermöglicht eine sehr elegante Programmierung. Der Programmierer ist damit in der Lage, den Auswertungsprozeß von LISP-Formen direkt zu steuern.

Der Backquote-Mechanismus bildet zusammen mit dem Makrokonzept von LISP ein sehr leistungsfähiges Programmierverfahren. Das Wesen des Einsatzes von Makros besteht in einer Programmtransformation mit anschließender Auswertung. Das soll wieder anhand eines einfachen Beispiels demonstriert werden. Es ist ein Makro zu definieren, der wie SETF arbeitet, aber auch das zweite Argument keiner Auswertung unterzieht.

(SETF x 'y) ist also zu realisieren. Eine Funktionsdefinition mittels DEFUN wertet die Argumente aus und würde damit nicht weiterhelfen.

```
(DEFUN setqq (x y)
  (SETF x 'y))                    ⇒ x :wert(y) ; da bereits bei der
                                    Übergabe der Argumente eine
                                    Auswertung von y erfolgte.
```

Ein Makro, der erst eine Programmtransformation bewirkt und danach eine Auswertung vornimmt, hilft in diesem Falle weiter.

```
(DEFMACRO setqq args
  '(SETF ,(CAR args) (QUOTE, (CADR args))) )
(setqq x y)                       ⇒   ; x := 'y
Beispiel:
(SETF y 12)                       ⇒ 12; y ist global an 12 gebunden
(setqq x y)                       ⇒ y ; unabhängig von der globa-
                                    len Bindung ist der Wert von
                                    wert(x) := 'y
```

Hatte das erste Beispiel mehr akademischen Charakter, so ermöglicht das folgende schon einen sinnvollen Einsatz. Für die Verwendung von Property-Listen ist eine put-Anweisung zu programmieren, die folgende Sequenz ersetzt:

(SETF (GET obj prop) wert) = (put obj pro wert) .

Der folgende Makro leistet das Gewünschte:

```
(DEFMACRO put args
  '(SETF (GET, (CAR args) ,(CADR args)) ,(CADDR args))) .
```

Der Leser mache sich die schrittweise Übersetzung des Makros klar: Zuerst erfolgt die Umformung der Argumente des Makros (args), danach die Auswertung der entstandenen LISP-Form.

(wird fortgesetzt)

F. Roß

PROLOG — eine Einführung für Automatisierungstechniker 7

In micro-PROLOG gibt es also keinen Unterschied zwischen Listen und Strukturen. Die Interpretation ist dem Programmierer überlassen.
Fakten sind Strukturen, die von einem zweiten Klammerpaar umschlossen sind, d. h., es sind Listen, deren einziges Element eine Struktur ist.

Beispiel:

```
((Zustand Anlage_1 frei))
```

Regeln sind Listen, deren Elemente Strukturen sind. Das erste Element wird als Regelkopf betrachtet.

Beispiel:

```
((entnimmt_Posten_aus_Lager X Y)
  (Zustand X frei)
  (kann_bearbeiten X Y))
```

Anfragen sind Listen von Strukturen, denen der Frageoperator „?" vorangestellt wird.

Beispiel:

```
?((Zustand Anlage_1 X))
```

Durch das durchgängige Listenkonzept bietet micro-PROLOG viele zusätzliche Möglichkeiten bei der Programmbearbeitung. Dem steht aber gegenüber, daß micro-PROLOG-Programme nicht portabel sind. Selbst Programme, die auf 8-bit-Rechnern erstellt wurden, laufen nicht mehr auf 16-bit-Rechnern.
Man sollte deshalb grundsätzlich vor der Wahl eines PROLOG-Systems die Vor- und Nachteile abschätzen und sich dann für das System entscheiden, das auch in der Zukunft den größten Nutzen bringt.

Literatur

[1] Appelrath, H.-J.: Von Datenbanken zu Expertensystemen. Berlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1985.
[2] Schnupp, P.; Leibrandt, U.: Expertensysteme — Nicht nur für Informatiker. Berlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1986.
[3] Buchanan, B. G.; Shortliffe, E. H.: Rule-Based Expert Systems. Reading, Massachusetts/USA: Addison-Wesley Publishing Company 1984.
[4] Savory, E. S.: Expertensysteme: Nutzen für ihr Unternehmen. München/Wien: R. Oldenbourg Verlag 1987.
[5] Forsyth, R.: Expert systems: principles and case studies. London: Chapman and Hall 1984.
[6] Beratung des Fachausschusses „Beratungs-/Expertensysteme" der WGMA in der KDT. Manebach 1988.
[7] EXSYS-Reference Manual. Expert System Development Software. EXSYS Inc. 1985.
[8] AQUAINT-Lithp Systems BV. Landsmeer/Niederlande, 1986.
[9] 1stclass-Reference Manual. Motion Inc. 1987.
[10] personal consultant+. Reference Manual. Texas Instruments 1986.
[11] Clocksin, W. P.; Mellish, C. S.: Programming in Prolog. Berlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1981.
[12] Belli, F.: Einführung in die logische Prbgrammierung mit Prolog. Berlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1987.
[13] Müller, C.: Modula-Prolog User Manual. Forschungsbericht, Brown Boveri Forschungszentrum Baden 1985.
[14] Clark, K. L.; McCabe, F. G.: PROLOG: A language for implementing expert systems. In: "Machine Intelligence" 10 (1983).
[15] Cambell, J. A.: Implementations of Prolog. Chichester/GB: Ellis Horwood Limited 1984.
[16] Turbo Prolog User Manual. Borland Inc./USA.
[17] Hamann, C.-M.: Einführung in das Programmieren in LISP. Berlin/New York: Walter de Gruyter 1985.
[18] Brownston, L.; Forrell, R.; Kant, E.; Martin, N.: Programming Expert Systems in OPS5. Reading, Massachusetts/USA: Addison-Wesley Publishing Co. 1985.
[19] Robinson, J. A.: A Machine-Oriented Logic Based on the Resolution Principle, JACM (1965) 12, S. 23—41.
[20] Asser, G.: Einführung in die mathematische Logik. Leipzig: BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft 1982.
[21] micro-Prolog 3.1. Programmer's Reference Manual. Logic Programming Associates Ltd. 1984.
[22] Hans, U.; Petersohn, U.; Pitschke, J.: Programmieren in micro-PROLOG. Lehrhefte „Ausbildung Informatik", TU Dresden, 1987.
[23] Forschungsbericht der TH Ilmenau, Sektion TBK/Systemtechnik, für den VEB Kombinat mikroelektronik „Karl Marx" Erfurt, 1988.

msr 8921

Die Fortsetzungsreihe ist damit beendet. Wir bedanken uns herzlich beim Autor. *Red.*

Fachtagung Lokale Netze — Stand und Entwicklung

Am 24. Mai 1988 fand im Deutschen Hygiene-Museum in Dresden eine Fachtagung zum Stand und zu Entwicklungen von lokalen Netzen in der DDR statt. Die vom Fachunterausschuß (FUA) 7.1 des Fachausschusses 7 „Rechnersysteme und -anwendungen" der WGMA und der KDT-Betriebssektion des Informatik-Zentrums an der TU Dresden gemeinsam durchgeführte Veranstaltung wurde von 653 Teilnehmern besucht. Alle sieben Fachvorträge wiesen durchweg ansprechendes Niveau auf.

Vom Leiter des FUA 7.1, H. LÖFFLER, wurde auf internationale und nationale Tendenzen der Entwicklung von lokalen Rechnernetzen eingegangen.

F. WEIDHASE vom Informations-Zentrum der TU Dresden hob Besonderheiten von Netzwerkinterfaceeinheiten für Mittelklasse-LAN hervor. Mit großem Interesse wurde eine Auswertung der Erfahrungen von 28 Pilotnetzen auf der Basis von LOTUNET bezüglich der maximalen Ausdehnung eines LAN und der maximalen Anzahl der anschließbaren Stationen aufgenommen. Weiterhin wurden zur Kompatibilität mit ROLANET 1 und zum Spektrum der anschließbaren Rechner Aussagen getroffen.

Der gegenwärtige Arbeitsstand beim Aufbau des lokalen Rechnernetzes im Informatik-Zentrum des Hochschulwesens (IZnet) wurde von G. SCHREITER, TU Dresden, Informatik-Zentrum, vorgestellt. Hervorzuheben sind die Entwicklungsarbeiten zum Aufbau und Verbund von Subnetzen in verschiedenen Gebäuden des Informatik-Zentrums sowie die konzeptionellen Arbeiten zum Verbund des IZnet als Teilkomponente des TU-Geländenetzes. Probleme des Einsatzes von Lichtwellenleitern in CSMA/CD-gesteuerten lokalen Netzen wurden von A. BARSCH, Humboldt-Universität zu Berlin, am Beispiel von ROLANET 1 und LANCELOT 2 ausführlich dargestellt.

Das lokale Rechnernetz SCOM-LAN wurde als Low-Cost-Lösung für den lokalen Rechnerverbund und seiner Anwendung in der Bürorationalisierung und Laborautomatisierung von B. GOEDE, IHS Warnemünde/Wustrow, vorgestellt. Einer sehr aktuellen Problematik, der Vermittlung von Anwender- und Einsatzerfahrungen am Beispiel von NAGEMA-LOTUNET, wandte sich J. GÖHL vom VEB Verpackungsmaschinenbau Dresden zu.

Im abschließenden Gemeinschaftsvortrag von B. TERPE, VEB Robotron-Elektronik Dresden, und J. RICHTER, VEB Robotron-Projekt Dresden, wurde ein Überblick zur Bereitstellung von ROLANET-1-Basishardware und -software gegeben.

Die nächste Tagung des FUA 7.1 findet im Mai 1990 in Dresden statt.

msr 8980 G. SCHREITER

KOMMTECH 88

Die 5. Europäische Kongreßmesse für technische Automation KOMMTECH 88 fand vom 7. bis 10. Juni 1988 in Essen/BRD statt.

Der Veranstalter, die ONLINE GmbH, organisierte einen internationalen Kongreß in 6 Teilen, mit 25 Symposien, 6 Podiumsdiskussionen und einer Plenarveranstaltung.

Parallel zum Kongreß fanden Produkte der Automatisierung von Fertigungsprozessen und CIM-Technologien auf einer Ausstellung von 3000 m² ihre Besucher. In diese Ausstellung wurden 7 Workshops integriert, die von den Ausstellern thematisch mit Referenten beschickt wurden.

14 ganztägige Seminare mit Geräteübungen einen Tag vor und nach der Kongreßmesse ergänzten das umfangreiche Programm, das 1988 von etwa 600 Teilnehmern am Konreß und vielen zusätzlichen Messebesuchern wahrgenommen wurde.

Die DDR beteiligte sich mit 3 Vorträgen am Kongreß[1], mit einer repräsentativen Ausstellung mit 13 Softwareexponaten[2] aus dem Zentralinstitut für Kybernetik und Informationsprozesse der AdW der DDR, der TU Dresden und der Martin-Luther-Universität Halle sowie einem eigenen Workshop mit 8 Beiträgen. Die DDR-Ausstellung, die unter dem Motto „DDR-Software für Hochtechnologien" stand, erhielt große Anerkennung durch Besuche offizieller Persönlichkeiten aus der Politik und Wirtschaft sowie durch das Fachpublikum. So besuchten der Ministerpräsident von Nordrhein-Westfalen Dr. JOHANNES RAU und der Bundesminister NORBERT BLÜM den Stand der DDR. Die Themen der 6 Kongresse wurden unter Leitung führender Fachleute abgewickelt und hatten folgende Schwerpunkte zum Gegenstand:

Kongreß I (7. bis 8. Juni 1988)
Produktionstechnik im Umbruch: Entwicklung zu integrierten Systemen
Leitung: Prof. Dr.-Ing. MANFRED WECK, Institutsdirektor des Laboratoriums für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre (WZL) RWTH Aachen

Kongreß II (7. bis 8. Juni 1988)
Computer-gestützte und Technologie-orientierte Logistik
Leitung: Dr. rer. pol. Dipl.-Volksw. HANS-PETER STABENAU, Vorsitzender des Vorstands der Bundesvereinigung Logistik e. V.

Kongreß III (7. bis 8. Juni 1988)
Expertensysteme in Planung und Produktion
Leitung: Dipl.-Math. KLAUS-PETER FÄHNRICH, Abteilungsleiter des Fraunhofer-Instituts für Arbeitswissenschaft und Organisation (IAO)

Kongreß IV (9. bis 10. Juni 1988)
Planung und Organisation rechnerintegrierter Produktion
Leitung: Dr. rer. pol. HELMUT MERKEL, Mitglied des Vorstandes der ADV/ORGA F. A. MEYER AG

Kongreß V (9. bis 10. Juni 1988)
Fortschritte der Automatisierungstechnik mit Mikroelektronik-, Sensor- und Computertechniken
Leitung: Prof. Dr.-Ing. WOLFGANG MASSBERG, Leiter des Instituts für Automatisierungstechnik, Ruhr-Universität Bochum

Kongreß VI (9. bis 10. Juni 1988)
Netzwerke und Konzepte für die Industriekommunikation
Leitung: Prof. Dr. rer. nat. HARTWIG STEUSLOFF, Leiter des Fraunhofer-Instituts für Informations- und Datenverarbeitung (IITB).

[1] Kongreßreferate von DDR-Referenten: Prof. V. KEMPE (AdW/ZKI): Expertensystemtechnik und konventionelle Datenverarbeitung: Eine Vorstellung von angewandten Systemen.

Prof. W. LASSMANN (MLU Halle): Dialogorientierte Optimierungssoftware für arbeitsplatznahe Rechentechnik im Unternehmensbereich.

Dr. J. KALTWASSER (AdW/ZKI): Rechnergestützte Projektierung von flexiblen Fertigungssystemen im Rahmen von CIM.

[2] Die DDR-Exponate umfaßten folgende Komplexe: Optimierungssoftware, Software für die Simulation und Steuerung von FFS, VLSI-Entwurfssoftware, Expertensysteme und Festigkeits- und Schwingungsberechnungen.

Dr. J. KALTWASSER/ZKI (2. von links) erläutert dem Ministerpräsidenten von Nordrhein-Westfalen Dr. JOHANNES RAU bei seinem Besuch die Exponate auf dem DDR-Stand in Anwesenheit von AdW-Mitglied Prof. H. KOZIOLEK (2. von rechts) und Prof. H. FUCHS/IfA (rechts).

Die Europäische Kongreßmesse KOMMTECH hat sich in zunehmendem Maße zu einem jährlichen Treffen der Entscheidungsträger und qualifizierten Fachbesucher auf dem Gebiet der Fertigungsautomatisierung entwickelt. Weniger im Mittelpunkt stehen dabei fachspezifische und theoretische Vorträge zur technischen Automation, sondern strategische Diskussionen solcher Themen, wie Arbeitsplätze der Zukunft, CIM-Integration von Teilsystemen, offene Rechnernetze durch Standards oder: ersetzt ein Rechnernetz in einer Fabrik schon die organisatorische Integration?

msr 8974 H. FUCHS

Arbeitskreis der Hochschullehrer für Meßtechnik e. V.

Vom 22. bis 24. September 1988 trafen sich Hochschullehrer für Meßtechnik in Karlsruhe zum III. Meßtechnik-Symposium, das von Prof. Dr. H. KRONMÜLLER (Institut für Prozeßmeßtechnik und Prozeßleittechnik) und Prof. Dr. F. MESCH (Institut für Meß- und Regelungstechnik) ausgerichtet wurde. Die Teilnehmer kamen aus der Bundesrepublik Deutschland, der DDR, Österreich und der Schweiz. Vorausgegangen waren die Treffen in Berlin (West) 1986 und in München 1987. Diskutiert wurden Fragen der Lehre, der Forschung und der Forschungsförderung. Entsprechend dem Vorbild der Regelungstechnischen Kolloquien in Boppard/BRD soll künftig neben den Hochschullehrern als permanenten Teilnehmern auch eine begrenzte Zahl wissenschaftlicher Mitarbeiter als wechselnder Teilnehmerkreis eingeladen werden.

Während des Experten-Symposiums mit 39 Teilnehmern wurden neueste Arbeitsergebnisse aus den beteiligten Einrichtungen vorgetragen. F.-H. LANGE, Rostock, schilderte anhand praktischer Beispiele die Leistungsfähigkeit moderner intelligenter Meßsysteme und wies nach, daß trotz vorhandener Enttäuschung über die aktuellen und möglicherweise prinzipiellen Grenzen der künstlichen Intelligenz gerade durch wissensverarbeitende Meßsysteme ein weiterer Qualitätssprung zu erwarten ist. Dabei ergänzen sich „Man-Machine-Tandem" in ihren spezifischen Leistungsvorteilen und machen Meßsysteme schneller, genauer, automatisch und adaptiv. Die Lauffähigkeit von Expertensystemen auf Personalcomputern drückt auch den Preis dieser Systeme auf ein akzeptables Kostenniveau.

H. BRAUN, Karlsruhe, behandelte tomografische Strömungsmeßverfahren, wie Klassifikation von Zweiphasenströmungen durch Reflexionstomografie, Temperaturmessung in Flammen durch Schlierentomografie und Messung von Strömungsfeldern durch Vektor- bzw. Laufzeittomografie.

W. J. BECKER, Kassel, stellte einen interessanten Phasenregelkreis zur Dichtemessung von Flüssigkeiten mit einem Stimmgabelinstrument vor. Die Resonanzfrequenz der Stimmgabel ist von der Dichte des zu messenden Mediums abhängig. Zur Erfassung der Resonanzfrequenz verwendet man neben dem elektromechanischen Oszillator auch einen breitbandigen elektronischen Verstärker, in dessen Rückkopplungszweig die Stimmgabel eingeschaltet wird. Der Verstärker hat einen Einfluß auf die Resonanzfrequenz des Oszillators. Es wurde gezeigt, wie durch eine Phasenregelschleife die Frequenzverschiebung reduziert werden konnte.

D. FILBERT und M. PURSCHKE, Berlin (West), zeigten röntgentechnische Durchleuchtungsbilder der zerstörungsfreien Materialprüfung, deren Aussagekraft durch digitale Signalrestauration wesentlich gesteigert werden konnte. Die Auswahl geeigneter Restaurationsansätze ist von den Meßabweichungen bei der Bestimmung der A-priori-Information stark abhängig.

T. PFEIFER und A. VOM HEMDT, Aachen, interpretierten Meßergebnisse, die bei der Lageprüfung an Freiformkurven und -flächen in der taktilen Dreikoordinatenmeßtechnik und zweidimensionalen digitalen Bildverarbeitung angefallen sind. Die Primärinformation wurde durch Sensoren erfaßt und durch Rechner verarbeitet. Freiformkurven und -flächen sind dadurch gekennzeichnet, daß der funktionsbestimmende Teil der Geometrie nicht analytisch geschlossen dargestellt werden kann. Fehlereinflüsse üblicher Lösungsalgorithmen wurden gezeigt. Beste Ergebnisse ließen sich erzielen, wenn die Lageinvarianten durch Integration über Kontur- bzw. Oberflächen-Splines bestimmt wurden.

E. MÜHLENFELD, Clausthal, machte darauf aufmerksam, daß zahlreiche Prozesse, insbesondere instationäre, zunächst ohne mathematisches Modell identifiziert werden müssen, um sie anschließend steuern zu können. Er beschrieb Ansätze zur Meßsignalverarbeitung durch kontextsensitive Automaten. Die Informationsbeschaffung erfolgt dabei in einem geschlossenen Wirkungskreis, der durch erlernte Assoziationen gesteuert wird. Aufgrund vorangegangener Messungen werden Zustandshypothesen gebildet, die A-priori-Wissen für die nächste Messung enthalten. Mit diesem Wissen werden die folgenden Messungen ausgewählt und gesteuert. Das erzielte Meßergebnis dient zur Verbesserung des hypothetischen Wissens über den zu führenden Prozeß.

Während des Meßtechnik-Symposiums sind Institutsbesichtigungen sehr wichtig; daher sollen die künftigen Symposien im Jahresrhythmus an wechselnden Hochschulen stattfinden.

Das nächste Symposium ist für den 5. und 6. Oktober 1989 in Braunschweig geplant. Abschließend sei besonders erwähnt, daß die Teilnehmer beschlossen, einen „Arbeitskreis der Hochschullehrer für Meßtechnik e. V." zu gründen. Zweck dieses Zusammenschlusses ist die Förderung der Meßtechnik als Universitätsdisziplin, insbesondere durch die

- Weiterentwicklung der Forschung und Lehre auf dem Gebiet der Meßtechnik
- Pflege des wissenschaftlichen Erfahrungsaustausches
- Ausarbeitung von Vorschlägen für Forschungs- und Entwicklungsprogramme
- Abgabe von Empfehlungen für die Ausbildung in Meßtechnik an wissenschaftlichen Hochschulen
- Unterstützung des Wissenstransfers zwischen Forschung und Praxis.

Mit der Federführung wurden Prof. Dr. E. SCHRÜFER (TU München), Prof. Dr. H.-R. TRÄNKLER (Universität der Bundeswehr München) und Prof. Dr. T. PFEIFER (RWTH Aachen) beauftragt.

msr 9051 D. HOFMANN

Simulationsmethoden in der Automatisierungstechnik

Unter diesem Titel fand am 29. November 1988 das 16. Leipziger Automatisierungskolloquium statt, das vom Wissenschaftsbereich „Automatische Steuerung" der Sektion Automatisierungsanlagen der TH Leipzig und dem KDT-Bezirksvorstand Leipzig vorbereitet und durchgeführt wurde. Träger der Veranstaltungsreihe sind neben der Technischen Hochschule der VEB Geräte- und Reglerwerk Leipzig, das VE Chemieanlagenbaukombinat Leipzig-Grimma (CLG) und das Institut für Energetik (IfE).

Dieses Kolloquium hatte sich zum Ziel gesetzt, potentielle Nutzer und Interessenten in den Betrieben und Einrichtungen des Bezirkes mit dem gegenwärtigen Stand anwendungsbereiter Simulationsmethoden vertraut zu machen und Unterstützung bei der Nachnutzung zu geben.

Die Ausgewogenheit der Vorträge, zwischen umfassender Darstellung der Werkzeuge und Methoden der Simulationstechnik und praktischen Anwendungen in verschiedenen Fachgebieten, sprach ein breites Fachpublikum an.

In seinem einführenden Vortrag wies G. SCHWARZE (Humboldt-Universität zu Berlin) auf die Bedeutung der Einheit von Modellierung und Simulation unter Nutzung von Methoden, die auf Zeitsysteme (Simulation im engeren Sinne), Berechnungsverfahren (sogenannte analytische Modelle) oder Petri-Netze abgestimmt sind, hin.

Im Mittelpunkt des Interesses stehen gegenwärtig vorwiegend zeiteffektive Problemlösungen unter Nutzung kombinierter Methoden (hybride Simulation). Der Vortragende ging dabei auf die ganze Breite der Anwendung der Werkzeuge und Methodologien in der Forschung, Projektierung, Produktionsvorbereitung bis hin zum Betrieb von Anlagen ein und erläuterte an einer Übersicht die Spezifik sowie die Vor- und Nachteile vorhandener Simulationssysteme. Auf der Basis von Differenzengleichungen wird vom Autor SONCHES (AdW/ZKI) als Prototyp einer modernen Entwicklung von Simulationswerkzeugen angesehen, da es u. a. auch für nichtlineare hierarchische Systeme geeignet ist. In den Bereichen, wo verallgemeinerte und erweiterte Bedienungssysteme dominieren, stellt die 1988 entwickelte Variante von SATURN (Humboldt-Universität zu Berlin) ein effektives hybrides Simulationssystem dar. Aber auch die weiterentwickelte PETRI-NETZ-MASCHINE (Version 4.0, TU Karl-Marx-Stadt, Humboldt-Universität zu Berlin) steht als ausgereiftes Werkzeug für Problemlösungen bei diskret-diskontinuierlichen Prozessen zur Verfügung. Als neuestes Ergebnis wurde auf ATLANTIC (Humboldt-Universität zu Berlin) hingewiesen, das besonders bei verteilten Problemlösungen aktuell ist.

Im anschließenden Vortrag von G. STEIN und H. EHRLICH (TH Leipzig) standen die für Personal- und Arbeitsplatzcomputer geeigneten Simulationssysteme wegen ihrer effektiven Anwendung in der Ausbildung und Forschung im Vordergrund.

Der Einsatz des an der TU Dresden entwickelten Systems DS 88 (s. a. msr Heft 1/1989, S. 32) sowie die modifizierte Weiterentwicklung an der TH Leipzig für spezielle Aufgaben der automatischen Steuerung wurden erläutert.

Aber auch die Weiterentwicklung des an der TH Leipzig ausgearbeiteten Systems SIMCOS 1526 zu den 16-bit-Varianten SIM-16 durch die TU Karl-Marx-Stadt bzw. das Simulationsprogramm SIMUTIL der Karl-Marx-Universität Leipzig sind effektive Simulationswerkzeuge für Regelungs- und Steuerungssysteme. Während das streng blockorientierte System DS 88 besonders die Nutzer anspricht, die gewöhnt sind, ihre Modelle als Signalflußbild darzustellen, sprechen die anderen Systeme mehr den Nutzerkreis an, der eine formale Modellbeschreibung vorzieht. Von Interesse war auch der Hinweis auf in nächster Zeit zu erwartende Erweiterungen des DS 88 (TURBO 4) durch einen Optimierungsblock, Makroblöcke und 3D-Grafik.

M. WAGNER (CLG) ging im wesentlichen auf die Weiterentwicklung des verfahrenstechnisch orientierten Systems DIGSIM (CLG) ein und stellte damit ein fachspezifisches Simulationssystem vor, das sich in den Bereichen Projektierung, Wartung sowie dem Betrieb von Aggregaten und Anlagen der chemischen Verfahrenstechnik bewährt hat.

Neben dieser ESER-Variante wies er in diesem Zusammenhang auf abgerüstete 8-bit- und 16-bit-PC-Versionen hin, die eine Reihe der in der Automatisierungstechnik auftretenden Übertragungsglieder als Blöcke enthalten, so daß in begrenztem Umfang die Simulation von Problemen der automatischen Steuerung möglich ist.

Mit dem Vortrag von H. KRAUS (IfE) wurde die breite Anwendung der Simulationstechnik deutlich. Im Mittelpunkt stand die Bedeutung von Echtzeitsimulatoren als Trainer für das Anlagenpersonal in Kernkraftwerken. Dabei erläuterte der Autor die Problematik großer hierarchisch strukturierter Rechnernetze bei der Simulation und der Realisierung von Echtzeitsteuerungen.

Deutlich herausgestellt wurde dabei u. a. die Schnittstellenproblematik beim Zusammenwirken von Rechnersystemen mit der BMSR-Ausrüstung.

Die Simulation diskreter Fertigungssysteme erläuterte M. FRANK (TU Dresden) anhand des Systems TOMAS. Er ging dabei auf die Nutzungsbreite bei der Integration in betriebliche CAM-Systeme ein. Durch die Schaffung entsprechender Datenschnittstellen und Selektionsprogramme gelingt es, dieses Werkzeug mit hoher Effektivität anzuwenden. Bei diesem System werden aus Dateien für relevante Arbeitsstamm- und Arbeitsmitteldaten Modelldateien aufbereitet, aus denen das Rechenmodell zur Simulation erstellt wird. Das System TOMAS ist ein wertvolles Hilfsmittel zur rechnergestützten Vorbereitung und Durchführung diskreter Produktionsprozesse, insbesondere aus der Sicht des Technologen.

Abgerundet wurde das Kolloquium durch den Vortrag von R. VETTER (TH Leipzig). An einem praktischen Beispiel aus der Buchfertigung konnte nicht nur überzeugend die Leistungsfähigkeit des verwendeten Systems DS 88 dargelegt werden, sondern auch die bequeme Anwendbarkeit bei der Simulation vielfältiger logisch gesteuerter dynamischer Fertigungssysteme. Im Mittelpunkt stand der Entwurf optimaler Steuerungen bei gepufferten Fertigungssystemen mit Transporteinrichtungen sowie die Dynamik und technologische Optimierung von Fließprozessen der Buchproduktion.

Insgesamt sprach diese wissenschaftliche Veranstaltung durch die übergreifenden theoretischen Betrachtungen der Simulationsmethoden und Werkzeuge sowie der gut ausgewählten Anwendungsbeispiele einen breiten Nutzer- und Interessentenkreis an.

Das 16. Leipziger Automatisierungskolloquium war eine wertvolle Bereicherung dieser traditionellen Veranstaltungsreihe.

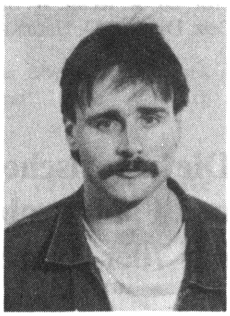
msr 9037 R. VETTER, H. EHRLICH

Verehrte Leser und Autoren!

Bitte richten Sie sich bei der Erarbeitung von Beiträgen für die msr unbedingt nach unseren aktuellen Manuskripthinweisen, die Sie im Heft 1 jedes Jahrganges finden können. Auf Wunsch schicken wir Ihnen die Manuskripthinweise zu.

Ihre Redaktion msr

Beitrag zur rationellen Entwicklung von PDVA-Systemen, dargestellt am Beispiel der Prozeßüberwachung und -steuerung der Golddiffusion



Der Entwurf von Prozeßdatenverarbeitungssystemen bedarf mehr und mehr einer wissenschaftlich begründeten Entwurfsmethodik. Diese Erkenntnis steht im unmittelbaren Zusammenhang mit der ökonomischen Effektivität von CAM-Lösungen.

Die Toleranzbreite der mittels Golddiffusion eingestellten Sperrerholzeit t_{rr} schneller Schaltdioden bestimmt in entscheidendem Maße die Ausbeute bei der Produktion. Ein CAM-Projekt zur Überwachung und Steuerung des Golddiffusionsprozesses bewirkt engere t_{rr}-Toleranzen und somit eine Ausbeutesteigerung. Theoretische Analysen zum Rekombinationsmechanismus über Goldniveaus in Silizium sowie zur Diffusionskinetik von Au in Si ermöglichen die Ableitung eines Modells zur Offenlegung der Einflußgrößen bez. der Sperrerholzeit. Die direkte Umsetzung dieses Modells in einen Steueralgorithmus und dessen unmittelbare Integration in den Produktionsprozeß bilden die Basis einer erfolgreichen Realisierung.

Ziel der Dissertation ist es, den Einfluß der Temperaturschwankungen im Diffusionsrohr bzw. die Auswirkungen prozeßbedingter Waferparameterabweichungen über die Diffusionszeit zu kompensieren.

Nach genauer Analyse der hier umrissenen Sachverhalte als Teil der Problemanalyse wurde nach einem strengen Phasenkonzept ein Prozeßüberwachungs- und -steuerunssystem in seiner Einheit aus Hard- und Softwarekomponenten entwickelt. Dabei wurden in der Phase der Problemanalyse SADT-Diagramme als „gemeinsame Sprache" zwischen Auftraggeber und Systementwickler zur Anwendung gebracht. Als Entwurfsmethodik zum Zweck der Spezifikation bewährte sich die Struktogrammtechnik, die zum einen übersichtliche Programmablaufstrukturen und zum anderen einen modularen und damit speicherplatzeffizienten Programmaufbau unterstützt. Die Implementierung des Systems erfolgte auf einem Bürocomputer A 5120 mit prozeßspezifischer Peripherie (Digitalthermometer, Kennkartenleser, Lichtschranken, optische Signaleinrichtung). Als Implementierungsumgebung wurde aufgrund der Beschleunigung des iterativen Editier-Compilier-Test-Zyklus um etwa den Faktor 30 TURBO-PASCAL gewählt. Das Softwarepaket gliedert sich in Peripherietest, Off-line-Datenerfassung und eigentliche Prozeßsteuerung/-überwachung.

Dipl.-Ing. MICHAEL PRAEDICOW (26) wurde 1982 an der Sektion Technologie des elektronischen Gerätebaus der Ingenieurhochschule Mittweida immatrikuliert, absolvierte in Vorbereitung seiner Diplomarbeit ein Teilstudium an der Technischen Hochschule Leipzig und diplomierte 1986 vorfristig mit sehr großem Erfolg. Im Anschluß daran nahm er ein Forschungsstudium an der gleichen Sektion auf, das 1988 abgeschlossen wurde. Seit 1988 ist er Mitarbeiter des VEB Halbzeugwerk Auerhammer.

Dissertation A an der Sektion Technologie des elektronischen Gerätebaus der Ingenieurhochschule Mittweida. Mittweida, 8. Februar 1989.

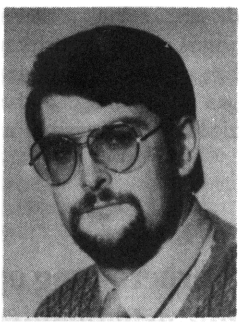
Doktorand: Dipl.-Ing. M. PRAEDICOW
Vorsitzender der Verfahrenskommission:
Prof. Dr. rer. nat. et oec. habil. G. VOIGT
Gutachter:
Prof. Dr. sc. techn. M. KUNZE
Prof. Dr. sc. techn. W. SCHWARZ
Doz. Dr. sc. techn. R. EIFERT

Die Dissertation kann nur über die Bibliothek der Ingenieurhochschule Mittweida ausgeliehen werden.

Dr.-Ing. MICHAEL PRAEDICOW, VEB Halbzeugwerk Auerhammer, Aue, 9400.

msr 9089

Verfahren zur Bestimmung der Position von Industrierobotern in Abhängigkeit von der Zeit und unter besonderer Beachtung achsenfreier Meßsysteme



In der Dissertation werden Verfahren zur Bestimmung der Position und Bewegungsbahn eines Industrieroboters untersucht. Dabei wird unterschieden zwischen Verfahren, die die Position des Roboters achsenbezogen und achsenfrei messen. Die Betrachtungen zu den achsenbezogenen Positionsmeßverfahren beschränken sich auf Verfahren mit Potentiometer, inkrementalem Geber, Kodescheibe, Resolver und Inductosyn als Meßwertgeber. Der Schwerpunkt der Arbeit liegt auf der Untersuchung achsenfreier Positionsmeßverfahren. Neben einem Überblick über bereits bekannte Verfahren werden Prinzipien erarbeitet, bei denen die Positionsbestimmung des Roboters durch Entfernungs- oder/und Winkelmessung erfolgt. Für diese Prinzipien werden die sich ergebenden Anforderungen an eine optimale Anordnung der Meßsysteme sowie an die Meßgenauigkeit und Schnelligkeit der Meßverfahren abgeleitet. Die Funktionsprinzipien und die wesentlichsten Eigenschaften der geeigneten Entfernungsmeßverfahren — Ultraschallentfernungsmessung, direkte und indirekte Laufzeitmessung von Lichtwellen, optoelektronische Meßverfahren mit veränderlicher Modulationsfrequenz, interferometrisches Verfahren — werden beschrieben. Das Verfahren der indirekten Laufzeitmessung mit modulierten Lichtwellen wird hinsichtlich der schaltungstechnischen Realisierung näher untersucht.

Bei den Winkelmeßverfahren werden ausschließlich die Funktionsprinzipien und Eigenschaften von Verfahren auf optoelektronischer Basis betrachtet.

Abschließend wird ein Vergleich der in der Arbeit beschriebenen Positionsmeßverfahren bezüglich ihrer Eignung für konkrete Arbeitsaufgaben bei der Bestimmung der Position und Bewegungsbahn eines Industrieroboters geführt.

Dipl.-Ing. DIETMAR JONAS (33) qualifizierte sich von 1975 bis 1979 im Direktstudium an der Sektion Informationselektronik der Ingenieurhochschule Mittweida in der Fachrichtung Gerätetechnik zum Hochschulingenieur. 1979 nahm er die Tätigkeit als wissenschaftlicher Assistent in der Lehrgruppe „Analoge Schaltungstechnik" der IH Mittweida auf und wechselte nach erfolgreicher Verteidigung seiner Diplomarbeit zum Thema „Analogmultiplexer" in die Forschungsgruppe „Industrieroboter-steuerungen". Im Rahmen einer Teilaspirantur schuf er die Grundlagen für die Dissertation.

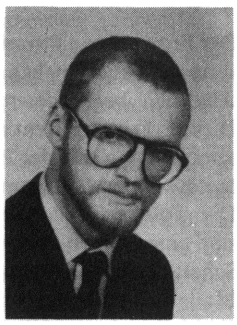
Dissertation A an der Sektion Informationselektronik der Ingenieurhochschule Mittweida. Mittweida, 26. November 1986.

Doktorand: Dipl.-Ing. D. JONAS
Vorsitzender der Verfahrenskommission:
Prof. Dr. sc. techn. KÖSTNER
Gutachter:
Prof. Dr. sc. techn. L. RETTELBUSCH
Prof. Dr. sc. techn. W. SCHWARZ
Doz. Dr.-Ing. D. NEUENFELDT

Die Dissertation kann nur über die Bibliothek der Ingenieurhochschule Mittweida ausgeliehen werden.
Dr.-Ing. D. JONAS, Ingenieurhochschule Mittweida, Sektion Informationselektronik, Platz der DSF 17, Mittweida, 9250

msr 9090

Die historische Entwicklung der Einzweckautomatisierung im Maschinen- und Fahrzeugbau der DDR vom Beginn der 50er bis zur Mitte der 70er Jahre: Versuch einer Innovationsgeschichte



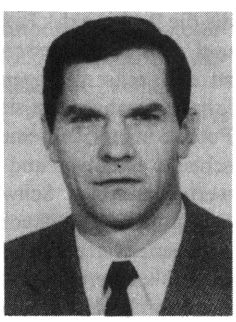
In der Arbeit werden die Entwicklung und die Phasen der Ausbreitung der Innovation „Automatisierte Maschinenfließreihe" als bedeutendste Form der Einzweckautomatisierung im Maschinen- und Fahrzeugbau der DDR mit dem Ziel untersucht, die Voraussetzungen, Triebkräfte, Hemmnisse, Resultate und Grenzen dieses Prozesses sowie seine Gesetzmäßigkeiten aufzudecken. In diesem historischen Prozeß erwiesen sich der Entwicklungsstand der Fertigungsorganisation und die Bereitstellung der notwendigen Investitionsmittel als Voraussetzungen, jedoch nicht als Stimuli für die Einführung der Einzweckautomatisierung. Die entscheidenden Triebkräfte basierten auf den Widersprüchen in der Entwicklung der Produktivkräfte, die durch die sich entwickelnden sozialistischen Produktionsverhältnisse geprägt wurden. In den letzten Phasen des Diffusionsprozesses ausgangs der 60er Jahre erlangten die staatliche Planung und Leitung eine immer stärkere Bedeutung als Triebkräfte. Die Resultate und Grenzen des Diffusionsprozesses der Einzweckautomatisierung bestätigten und vervollständigten ihre sozialökonomische Charakterisierung als Übergangstechnik. Punktuell konnten mit dieser Technik erhebliche Effektivitätsgewinne erzielt werden; zusammengefaßt blieben sie jedoch begrenzt. Da die Einsparungen an lebendiger Arbeit mit einem tendenziellen Mehraufwand an vergegenständlichter Arbeit erreicht wurden, wirkte die Einzweckautomatisierung auf eine Fortsetzung des arbeitssparenden, fondintensiven Typs der Intensivierung. Begrenzt waren die Resultate auch hinsichtlich der Veränderungen der Arbeitsinhalte und der Qualifikationsanforderungen. Mit der Entstehung von qualifizierteren und anspruchsvolleren, aber belastungsfreieren Tätigkeiten wurden gleichzeitig weniger qualifizierte, anstrengende und monotone Arbeiten reproduziert. Der Prozeß der Herauslösung des Menschen aus der Produktion blieb insgesamt partiell.
Die Einzweckautomatisierung führte vor allem zu — teilweise erheblichen — Effektivitätssteigerungen in den Hauptprozessen der Großserien- und Massenfertigung; sie vergrößerte gleichzeitig die Effektivitätswidersprüche zu den Neben- und Hilfsprozessen sowie zur Einzel-, Klein- und Mittelserienfertigung. Sie bewährte sich zwar selbst als eine Prozeßinnovation, behinderte aber tendenziell die sich in der wissenschaftlich-technischen Revolution beschleunigende Erzeugniserneuerung. Mit Hilfe umfangreicher statistischer Untersuchungen auf Betriebs- und Industriezweigebene konnte der Verlauf des Ausbreitungsprozesses automatisierter Maschinenfließreihen in seinen Etappen entsprechend der Innovationstheorie auf der Basis der Berechnung der Innovationswirkungen auf die Effektivität und die Produktivität der Produktion historisch-konkret nachgewiesen werden. Es zeigte sich dabei, daß die Einzweckautomatisierung historisch und logisch sowohl den Vorläufer als auch die Voraussetzung der flexiblen Automatisierung bildet.

Dipl. oec. ANDRÉ STEINER (27) studierte von 1981 bis 1986 an der Sektion Wirtschaftswissenschaften der Humboldt-Universität zu Berlin, Fachrichtung Wirtschaftsgeschichte. Danach nahm er am Bereich Wirtschaftsgeschichte der Sektion eine Tätigkeit als wissenschaftlicher Assistent auf und verteidigte am 30. 10. 1987 seine Dissertation A.

Doktorand: Dipl. oec. A. STEINER
Vorsitzender der Prüfungskommission:
Prof. Dr. sc. oec. L. BAAR
Gutachter:
Prof. Dr. sc. oec. W. FALK
Prof. Dr. rer. oec. habil. H.-G. LAUENROTH
Prof. Dr. sc. oec. J. ROESLER
Dr. oec. ANDRÉ STEINER, Humboldt-Universität zu Berlin, Sektion Wirtschaftswissenschaften, Bereich Wirtschaftsgeschichte, Spandauer Str. 1, Berlin, 1020

msr 8841

Vorbereitung operativer Entscheidungen von Produktionskoordinierungen mit arbeitsplatzgebundener Rechentechnik



Analysiert werden Probleme der operativen Steuerung eines großen Produktionssystems. Eine ausführliche Beschreibung des Steuerungsobjektes, der Ziele und der Nebenbedingungen dient zur Herausarbeitung einer Aufgabenstellung, die der Komplexität des Steuerungsobjektes und der vorhandenen Unsicherheiten der gewinnbaren Informationen gerecht wird.
Mit einem Steuerungssystem sollen die Ziele der operativen Steuerung der Produktion realisiert werden. Steuerungsschichten und -ebenen des Systems werden in Anlehnung an die vorhandenen Leitungsfunktionen und die existierende Leitungsstruktur gebildet. Die besonderen Schwierigkeiten liegen dabei in der Gestaltung der Koppelstellen und der Informationen zwischen Ebenen und Schichten. Auf der Grundlage von eingeführten Toleranzbereichen für die Produktionsführung und die Speicherstandsführung wird ein Koordinierungskonzept entworfen.
Die gewählte Bearbeitungsmethode der Problemlösung orientiert auf eine schrittweise Lösung des Gesamtproblems. Die Teilaufgaben werden dabei in das integrierte Steuerungs- und Informationssystem mit den festgelegten Schnittstellen in der Informationsübertragung und -verarbeitung eingeordnet. Als Teillösungen werden die angewendeten Methoden zur Modellierung des Prozeßverhaltens diskutiert, eine Möglichkeit zur Ermittlung objektiver Prognoseinformationen vorgestellt, Berechnungsvorschriften für

Grenztrajektorien, die die Toleranzbereich der Produktionsführung einschließen, entwickelt und Bewertungsfunktionen, die die aktuellen Produktionsziele einzelner Produkte vergleichbar machen, eingeführt.
Zur Unterstützung der Entscheidungsträger bei der Lösung der Koordinierungsaufgaben innerhalb des Produktionssystems und mit der Umgebung soll schrittweise ein modular aufgebautes Beratungssystem erarbeitet werden. Das bereitgestellte Konzept ermöglicht Veränderungen und Verbesserungen der Modulinhalte, die sich schrittweise mit dem Ausbau der dezentralen digitalen Rechentechnik und den damit realisierbaren rechnergestützten Lösungen von Detailproblemen ergeben.

Dipl.-Ing. REINHARD GALL (43) studierte von 1964 bis 1969 an der Bergakademie Freiberg und der Technischen Hochschule „Carl Schorlemmer" Leuna-Merseburg in der Fachrichtung Verfahrenstechnik. Seit 1969 Tätigkeit im VEB Leuna-Werke „Walter Ulbricht" vorrangig in Funktionen der Produktionskoordinierung.

Dissertation A an der Fakultät für Technische Wissenschaften und Mathematik der Technischen Hochschule „Carl Schorlemmer" Leuna-Merseburg, Merseburg, 2. März 1988.

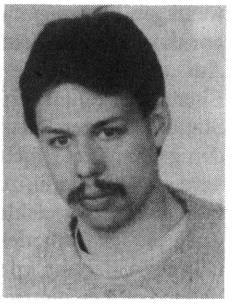
Doktorand: Dipl.-Ing. R. GALL
Vorsitzender der Prüfungskommission:
Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. hc. G. GRUHN
Gutachter:
Prof. Dr. sc. techn. G. BRACK
Prof. Dr. sc. techn. W. WEISS
Prof. Dr. sc. techn. J. WERNSTEDT

Die Dissertation kann nur über die Bibliothek der TH „Carl Schorlemmer" Leuna-Merseburg entliehen werden.

Dr.-Ing. REINHARD GALL, VEB Leuna-Werke „Walter Ulbricht", Leuna, 4220

msr 8919

Binärsteuerungen auf der Basis intelligenter und buskoppelbarer Funktionseinheiten



Eine zukünftige Generation von Automatisierungssystemen wird sich gegenüber heutigen Lösungen durch intelligente und ggf. buskoppelbare Meß-, Stell- und Leittechnik im objektnahen Bereich unterscheiden. Die Verlagerung bestimmter Teile der Informationsverarbeitung in die prozeßnahe Meß- und Stellebene durch Nutzung von Einchipmikrorechnern sowie die weitgehende Digitalisierung auch der prozeßnahen Informationsübertragung sind dafür kennzeichnend.
Binärsteuerungen besitzen dabei im Vergleich zu anderen Automatisierungsfunktionen mindestens gleichrangige Bedeutung, die künftig durch flexible Fertigungssteuerungen noch anwächst. Sie bilden zusammen mit den Regelungsfunktionen den Hauptteil der Grundfunktionen, die intelligente Stelleinrichtungen ausführen. Binärsteuerungs- und Regelungsfunktionen wurden daher gleichberechtigt im Echtzeitsteuersystem von intelligenten Stelleinrichtungen implementiert. Die traditionelle Trennung von Regelung und Binärsteuerung wird durch das vorgelagerte Konzept vermieden, wodurch man den praktischen Bedingungen in technologischen Prozessen automatisierungstechnisch besser gerecht wird.
Restriktionen wie begrenzte Speicherplatzkapazität oder limitierter Echtzeitbetrieb können sich bei umfangreichen Regelungen mit begleitenden Binärsteuerungen als Grenze für obengenannte Grundkonzeption erweisen. Für diesen Fall sind eigenständige intelligente Binärsteuerungseinheiten im Automatisierungssystem vorgesehen. Das gilt auch für Anwendungen, bei denen ausschließlich Binärsteuerungsfunktionen auszuführen sind. Das entworfene Echtzeitsteuersystem einer intelligenten Binärsteuerungseinheit gestattet dabei die quasiparallele Bearbeitung mehrerer binärer Teilprozesse. Deren Koordinierung wird durch über den seriellen Feldbus gesendete Variablen realisiert. Binäre Teilprozesse verschiedener technologischer Objekte können durch eine einzige intelligente Binärsteuerungseinheit gesteuert werden, wenn deren Zeitzyklen übereinstimmen. Andernfalls muß man sich eines Monitorprogramms bedienen, das mehrere Binärsteuerungen koordinieren kann. Die konsequente Nutzung des Interpreter-Datenlisten-Prinzips ist für dieses Echtzeitsteuersystem einer intelligenten Binärsteuerungseinheit kennzeichnend. Die gesamte vom Anwender (Projektanten) zu leistende Softwarearbeit beim Einsatz einer derartigen intelligenten Binärsteuerungseinheit beschränkt sich dadurch auf das Aufstellen von Datenlisten.
Die softwaremäßige Umsetzung der Binärsteuerung basiert auf einem neuen tabellenorientierten Verfahren zur Auswertung kanonisch disjunktiver Normalformen. Der Hauptvorteil dieses Verfahrens liegt in der Teilung der Software in einen problemvarianten (Steuerdatenliste) und einen probleminvarianten Teil (Binärsteuerungsinterpreter). Der Binärsteuerungsinterpreter stellt hierbei das Kernstück des beschriebenen Echtzeitsteuersystems dar. Es werden daher mehrere Interpretervarianten vorgeschlagen. Während des Echtzeitbetriebes führt der leistungsfähigste Interpreter auch eine Eigenüberwachung hinsichtlich des ungestörten Programmablaufs aus. Der Rechenzeitbedarf des Interpreters hängt wesentlich von Aufbau und Umfang der zu bearbeitenden Steuerdatenlisten ab.
Das konzipierte Echtzeitsteuersystem konnte in seiner Grundvariante bereits in Rindergroßanlagen für eine relativ umfangreiche Steuerung des Melkvorganges im Melkkarussell praktisch angewendet werden. Hierbei wurde der Einchipmikrorechnertyp U 884 benutzt, um etwa 60 Ein- und Ausgangsvariablen sowie 45 Automatenzustände zu verarbeiten. In jeder Anlage gelangten insgesamt etwa 20 derartige Binärsteuerungen mit Einchipmikrorechnern zum Einsatz. Der seit über drei Jahren durchgeführte erfolgreiche Dauerbetrieb unter harten Umgebungs- und Betriebsbedingungen hat die industrielle Tragfähigkeit des vorgeschlagenen Binärsteuerungskonzeptes mit kostengünstigen und zuverlässigen Einchipmikrorechnern nachgewiesen.

In Form eines binären Zubringers wurde weiterhin ein neuartiges serielles Prozeßankopplungssystem entworfen, das sich gegenüber bisherigen Lösungswegen qualitativ unterscheidet, indem es Laufzeiteffekte ausnutzt. Es dient der zeitmultiplexen Übertragung bei Gewinnung und Nutzung einzelner binärer Informationen. Eine solche Lösungsvariante verringert den Widerspruch zwischen der angestrebten vollständigen Digitalisierung der Informationsübertragung mittels eines seriellen Feldbussystems und der technisch-ökonomisch nicht vertretbaren Zuordnung einer eigenen Buskoppeleinheit zu jedem binären Meß- und Stellglied.

Dipl.-Ing. ANDREAS BRAUNER (29) studierte von 1979 bis 1983 an der Technischen Hochschule Leipzig, Sektion Automatisierungsanlagen. Danach Forschungsstudent im Bereich Projektierung der gleichen Sektion. Seit September 1986 Mitarbeiter für Forschung/Entwicklung im Betriebsteil Automatisierungstechnik Leipzig des Kombinates „Fortschritt" Landmaschinen (Stammbetrieb).

Dissertation A an der Fakultät für Technik und Naturwissenschaften des Wissenschaftlichen Rates der Technischen Hochschule Leipzig.
Leipzig, 9. September 1987.

Doktorand: Dipl.-Ing. A. BRAUNER
Vorsitzender der Prüfungskommission:
Prof. Dr. sc. techn. H.-G. WOSCHNI
Gutachter:
Prof. Dr. sc. phil. W. KRIESEL
Prof. Dr. sc. techn. H. TÖPFER
Prof. Dr. sc. techn. H. FUCHS

Die Dissertation kann nur über die Bibliothek der TH Leipzig entliehen werden.

Dr.-Ing. ANDREAS BRAUNER, Technische Hochschule Leipzig, Sektion Automatisierungsanlagen, PF 66, Leipzig, 7030

msr 8911

Theorie und Praxis der automatisierten Prozeßsicherung unter dem Einfluß der Mikrorechentechnik

Ausgehend vom Entwicklungsstand mikrorechnergestützter Automatisierungssysteme werden theoretische und praktische Aspekte der automatisierten Prozeßsicherung unter den Bedingungen ihrer Realisierung untersucht, systematisiert und in ihren Grundzügen als geschlossene Einheit dargestellt. Schwerpunkte der Arbeit stellen der sicherheits- und zuverlässigkeitsorientierte Entwurf der Hard- und Softwarekomponenten von Prozeßsicherungssystemen sowie die Ausarbeitung der Grundlagen einer modernen Softwaretechnologie für solche Systeme dar. Die zur Umsetzung dieses Konzepts notwendigen Instrumentarien, Modelle und Algorithmen werden entwickelt und erläutert. Auf der Grundlage eines umfangreichen Literaturstudiums erfolgt die Analyse des Standes und der Entwicklungstendenzen auf den genannten Gebieten. In der Dissertation wird eine Methodik zur Erfassung und Analyse von Softwarefehlern auf der Basis eines Zuverlässigkeitsmodells der 3-Parameter-Gammaverteilung vorgestellt und mit Testdatensätzen erfolgreich verifiziert. Die Weiterentwicklung und Übertragung der theoretischen Grundlagen der subjektiven Wahrscheinlichkeit schafft die Voraussetzungen zur Lösung von Prozeßsicherungsaufgaben beim Vorliegen unscharfer Informationen über den Prozeß und sein Ausfallverhalten. Weitere Schwerpunkte stellen die Anwendung der Theorie der Quasistabilität und der Einsatz von Expertensystemen sowohl in der Phase der Projektierung als auch zur Prozeßsicherung im Echtzeitbetrieb dar. Ausführlich werden Fragen der Entwicklung der logischen und physischen Struktur von Sicherungssystemen behandelt. Erstmals wird eine auf determinierten Algorithmen basierende Methodik zur Strukturfindung unter Einbeziehung quantifizierbarer Kriterien vorgestellt. Auf der Grundlage definierter Qualitätsmerkmale erfolgt die Entwicklung einer modernen Softwaretechnologie für Prozeßsicherungssysteme. Am Beispiel eines industriellen Einsatzfalls für ein rechnergestütztes Sicherungssystem werden praxisrelevante Fragen (Nutzensnachweis, juristische Probleme u. a.) diskutiert.

Dr.-Ing. VOLKMAR KIRBACH (45) studierte an der Sektion Verfahrenstechnik der TH „Carl Schorlemmer" Leuna-Merseburg. Ab 1969 wissenschaftlicher Mitarbeiter im VEB „Otto Grotewohl" Böhlen. 1979 Promotion A auf dem Gebiet der Modellierung der destillativen Trennung von Vielstoffgemischen.

Seit 1982 Wissenschaftlicher Oberassistent am Lehrstuhl Prozeßrechentechnik der Sektion Automatisierungsanlagen der TH Leipzig.

Dissertation A an der Fakultät für Technik und Naturwissenschaften des Wissenschaftlichen Rates der Technischen Hochschule Leipzig.
Leipzig, 22. Dezember 1987.

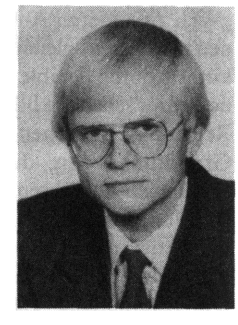
Doktorand: Dr.-Ing. V. KIRBACH
Vorsitzender der Verfahrenskommission:
Prof. Dr. sc. techn. H.-G. WOSCHNI
Gutachter:
Prof. Dr. sc. techn. D. BALZER
Prof. Dr. sc. nat. F. BALDEWEG
Prof. Dr. sc. techn. G. BRACK

Die Dissertation kann nur über die Bibliothek der TH Leipzig entliehen werden.

Dr. sc. techn. VOLKMAR KIRBACH, TH Leipzig, Sektion Automatisierungsanlagen, Karl-Liebknecht-Str. 132, Leipzig, 7030

msr 8920

Entwurf digitaler adaptiver Regelungen unter Verwendung adaptiver Beobachter

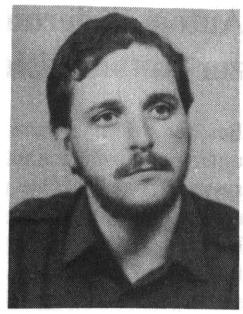


Es wird eine spezielle Klasse von Adaptivalgorithmen — die sog. adaptiven Beobachter zur gleichzeitigen Schätzung von Parameter- und Zustandsvektor — untersucht. Adaptive Beobachter sind insbesondere zur Realisierung indirekter adaptiver Regelungen mit Zustandsrückführung geeignet. Zur Systematisierung der verschiedenen Lösungsvarianten erfolgt eine Klassifizierung der wichtigsten adaptiven Beobachter, die als Ausgangspunkt für einen rechnergestützten Entwurf von adaptiven Beobachtern genutzt wird. Fünf typische adaptive Beobachter werden hinsichtlich Stabilitätskriterium, benötigter A-priori-Information, Konvergenzverhalten bei ungestörten und gestörten Prozessen sowie des numerischen Aufwandes verglichen. Bei der speziellen Klasse der impliziten adaptiven Beobachter ist die Reduzierung des numerischen Aufwandes durch eine vereinfachte Zustandsschätzung möglich. Drei verschiedene Methoden der Zustandsschätzung werden hinsichtlich ihrer Eignung kritisch untersucht.
Es wird ein Verfahren entwickelt, das neben der Verringerung des numerischen Aufwandes eine größere Robustheit gegenüber bestimmten Prozeßstörungen aufweist. Außerdem werden Vorschläge unterbreitet, wie adaptive Beobachter bei Prozessen mit Laufzeit und zur Zustandsprädiktion einsetzbar sind.
Ausführlich wird der Entwurf adaptiver Beobachter unter besonderer Berücksichtigung der Probleme bei Polvorgabe betrachtet. Durch die Wahl gleicher Pole wird dabei der Entwurf erleichtert.
Abschließend werden verschiedene Einsatzmöglichkeiten adaptiver Beobachter in Adaptivregelungen demonstriert. Es zeigt sich, daß implizite adaptive Beobachter nach „Abschalten" der Zustandsschätzung vorteilhaft als adaptive Identifikatoren in Adaptivregelungen mit Ausgangsrückführung einsetzbar sind. In den untersuchten Beispielen (adaptive Zustandsregelung mit Polvorgabe, adaptive Dead-beat-Regelung erhöhter Ordnung) wird durch die Anwendung zusätzlicher Adaptivgesetze zur Reglerparametereinstellung eine wirkungsvolle Dämpfung von Übergangsvorgängen in Adaptionsphasen erreicht.
Im Rahmen der Untersuchungen entstand ein Programmsystem, das den Entwurf und die digitale Simulation verschiedener adaptiver Beobachter sowie adaptiver Regler gestattet. Es kann von Anwendern für den Entwurf genutzt werden. Da das Programmsystem in einer höheren Programmiersprache geschrieben ist und einen modularen Aufbau hat, kann es relativ leicht erweitert bzw. anwenderspezifischen Forderungen angepaßt werden.

Dipl.-Ing. HANS-JÖRG HERRMANN (32) studierte von 1977 bis 1982 an der TH „Otto von Guericke" Magdeburg Technische Kybernetik und Automatisierungstechnik. Von 1982 bis 1986 wissenschaftlicher Assistent an der TH Leipzig, Sektion Automatisierungsanlagen, Wissenschaftsbereich Automatisierungstechnik. Seit 1986 Entwicklungsingenieur an der TH „Carl Schorlemmer" Leuna-Merseburg (Hochschul-Industrie-Forschungsgruppe).
Dissertation A an der Fakultät für Technik und Naturwissenschaften des Wissenschaftlichen Rates der Technischen Hochschule Leipzig.
Leipzig, 22. Dezember 1987.
Doktorand: Dipl.-Ing. H.-J. HERRMANN
Vorsitzender der Verfahrenskommission:
Prof. Dr. sc. techn. R. MÜLLER
Gutachter:
Doz. Dr. sc. techn. K.-P. SCHULZE
Prof. Dr. sc. techn. H. TÖPFER
Prof. Dr. sc. techn. U. KORN
Die Dissertation kann nur über die Bibliothek der TH Leipzig entliehen werden.
Dr.-Ing. HANS-JÖRG HERRMANN, TH „Carl Schorlemmer" Leuna-Merseburg (HIFOG), Otto-Nuschke-Str. 2, Merseburg, 4200

msr 8930

Modellierung und operative Steuerung diskontinuierlicher verfahrenstechnischer Systeme mittels Beratungssystemen



Aufgrund der räumlich-zeitlichen Struktur komplexer Chargenprozesse sowie der Beschaffenheit der Zustands- und Steuergrößen lassen sich Probleme der operativen Steuerung diskontinuierlicher verfahrenstechnischer Systeme nicht mit den Methoden lösen, wie sie für die operative bzw. optimale Steuerung kontinuierlicher Fließprozesse ausgearbeitet worden sind. Als praktikable Alternative wird in der Dissertation als Lösungsmethode die Simulation verschiedener Steuerstrategien mit anschließendem Variantenvergleich demonstriert. Das dazu entwickelte Simulationsmodell basiert auf Petri-Netzen. Dazu werden die bekannten Petri-Netz-Konzepte zur Klasse der synchronisierten, zeitbewerteten Petri-Netze weiterentwickelt. Neben einer Beeinflussung des Markenflusses durch zeitliche Restriktionen (Zeitbewertung von Plätzen und Transitionen) erlauben diese eine externe Steuerung des Markenflusses mittels binärer Eingangsgrößen. Damit lassen sich technologische Prozesse sowohl in einem zeitlichen Maßstab als auch hinsichtlich der Wirkung von Steueroperationen und Störgrößen in völliger Analogie zum Original nachbilden. Grundlage für eine Beschreibung komplexer Chargenprozesse mit diskreten Modellen ist eine entsprechende formale Beschreibung von Zustands-, Steuer- sowie denjenigen Störgrößen, die Gegenreaktionen der operativen Steuerung erfordern.

Auf der Basis einer Dekomposition des technologischen Gesamtprozesses in Einzeloperationen und einer Strukturanalyse des technologischen Gesamtsystems wird eine Vorgehensweise entwickelt, die eine widerspruchsfreie und methodisch fundierte Modellbildung für komplexe Chargenprozesse erlaubt.

Das vom Autor entwickelte Simulationsprogramm BATCHSIM beruht auf dem genannten Modell. Der als Kernstück enthaltene Netzsimulator arbeitet hinsichtlich der Zeitfortschreibung nach dem Ereignisrasterprinzip. Die Nutzbarkeit dieses Programms im Rahmen eines Beratungssystems zur operativen Steuerung komplexer Chargenprozesse wird an einem Beispiel mit praxisrelevanter Dimension demonstriert.

Dipl.-Ing. ALBRECHT SCHWULST (30) studierte von 1979 bis 1984 Systemverfahrenstechnik an der Technischen Hochschule „Carl Schorlemmer" Leuna-Merseburg. Von 1983 bis 1986 Forschungsstudium an der Sektion Verfahrenstechnik, Wissenschaftsbereich Automatisierungstechnik.

Dissertation A an der Fakultät für Technische Wissenschaften und Mathematik der Technischen Hochschule „Carl Schorlemmer" Leuna-Merseburg, Merseburg, 27. April 1988.

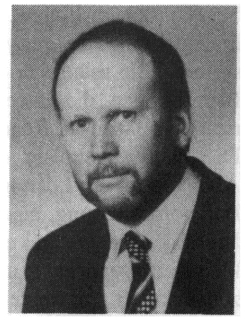
Doktorand: Dipl.-Ing. A. SCHWULST
Vorsitzender der Prüfungskommission:
Prof. Dr.-Ing. habil. W. FRATZSCHER
Gutachter:
Prof. Dr. sc. techn. G. BRACK
Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. G. GRUHN
Prof. Dr. sc. techn. J. WERNSTEDT

Die Dissertation kann nur über die Bibliothek der TH „Carl Schorlemmer" Leuna-Merseburg entliehen werden.

Dr.-Ing. ALBRECHT SCHWULST, VEB Pharma Neubrandenburg, Bereich Forschung und Entwicklung

msr 8992

Systemkonzept biotechnologischer Forschungsgeräte



Ausgehend von der Wechselwirkung zwischen Grundlagenforschung und wissenschaftlichem Gerätebau wird der biotechnologische Gerätebau definiert. Die Erörterung theoretischer und praktischer Aspekte des Systemkonzepts biotechnologischer Forschungsgeräte ist die Voraussetzung einer optimierten Anpassung des Gerätes an das Experiment. Schwerpunkt der Arbeiten bildet die Zusammenfassung des methodischen Potentials des Gerätebaus im Systemkonzept biotechnologischer Forschungsgeräte bei Einhaltung der besonderen Randbedingungen des biotechnologischen Prozesses. Da der Laborbioreaktor eine zentrale Rolle im Forschungsprozeß einnimmt, wird für seine Wirkungsgruppen Reaktortechnik, Meßsysteme und die Steuerungstechnik eine Optimierungsstrategie angewendet, die im Systemkonzept die Modularität, Erweiterbarkeit und damit die Anpassung an den Prozeß sichert. Bei den Meßsystemen wurden Gütekriterien aus informationstheoretischen Betrachtungen abgeleitet und Aussagen zur Statik und Dynamik der eingesetzten Systeme und den gewonnenen biogenen Informationen gemacht.

Das meßtechnische Systemkonzept stellt die konzeptionelle Grundlage eines umfassenden Steuerkonzepts dar. Es konnte gezeigt werden, daß die Verwendung nichtparametrischer Prozeßmodelle keine Einschränkungen auf den Reglerentwurf hat und daß sich Entwurfsverfahren, wie die Methoden der Mehrgrößenregelung und neue nichtlineare Basisregler auf die Steuerung biodynamischer Prozesse adaptieren lassen.

Es wird vorgeschlagen, Arbeiten an einem Steuerungsrahmensystem weiterzuführen, um eine Anpassung der Steuerung an den biologischen Wachstumsvorgang zu erreichen. Die einzelnen Rahmen dieses Systems werden zur Verfügung gestellt und vom Nutzer mit Wissen, d. h. Fakten und Regeln ausgefüllt. Damit steht ein modulares, austauschbares und erweiterbares Steuerkonzept zur Verfügung, das schrittweise eingeführt werden kann. Weiterhin wird die Grundstruktur eines Expertensystems zur Konfigurierung von Forschungsbioreaktoren entworfen, bei der das Systemkonzept zur Strukturierung der Wissensbasis benutzt wird. Eine Kombination von Frame-Struktur mit Produktionsregeln erweist sich dabei als sinnvoll.

Durch die gezielte Anwendung des Systemkonzepts entstand im Zentrum für wissenschaftlichen Gerätebau der AdW eine neue Generation von Forschungsbioreaktoren.

Dr.-Ing. GERALD LAUCKNER (48) studierte von 1960 bis 1966 Regelungstechnik an der TU Dresden. Anschließend war er bis 1981 als Entwicklungsingenieur im Zentrum für wissenschaftlichen Gerätebau (ZWG) der AdW in Berlin tätig. 1978 Promotion A an der TH Ilmenau, 1982 Bereichsleiter im ZWG der AdW Heiligenstadt.

Verteidigung der Dissertation B an der Fakultät für Technik und Naturwissenschaften der Technischen Hochschule Leipzig.
Leipzig, 5. Mai 1988

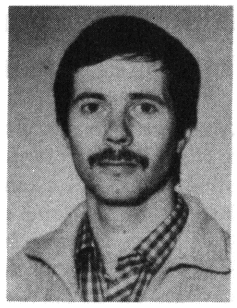
Doktorand: Dr.-Ing. G. LAUCKNER
Vorsitzender der Verfahrenskommission:
Prof. Dr. sc. techn. H.-G. WOSCHNI
Gutachter:
Prof. Dr. sc. techn. D. BALZER
Prof. Dr. sc. techn. N. LANGHOFF
Prof. Dr. sc. nat. D. PÖHLAND

Die Dissertation kann nur über die Bibliothek der TH Leipzig entliehen werden.

Dr. sc. techn. GERALD LAUCKNER, Zentrum für wissenschaftlichen Gerätebau der AdW, mytron Heiligenstadt, 5630

msr 8995

Automatisierung von Verweilzeituntersuchungen — ein Beitrag zur Automatisierung verfahrenstechnischer Experimente



Bei der Automatisierung von Verweilzeituntersuchungen technologischer Strömungssysteme treten infolge neuer Meßwerterfassungs- und -verarbeitungsmethoden zusätzliche Aspekte der Auswirkungen von Einflußgrößen auf die ermittelten Modellparameter auf. In der Arbeit werden anhand simulativer Untersuchungen die Auswirkungen von Diskretisierung und Integrationsabbruch auf die systematischen Parameterfehler des einparametrischen Zellenmodells bei Nutzung gewöhnlicher und gewichteter Momente dargestellt, wobei die Auswertung einer Gewichtsfunktion vorausgesetzt wird. Es wird gezeigt, daß die zufälligen Fehler der Parameter infolge stochastischer Überlagerungen dieser Funktion wesentlich die Anwendbarkeit der Momentenmethoden beeinflussen. Bei Nutzung gewichteter Momente wird auf die Abhängigkeit des Wichtungsfaktors vom Störpegel verwiesen. Anhand der Ergebnisse der Untersuchungen werden Empfehlungen für die Durchführung rechnergestützter Verweilzeitexperimente abgeleitet. Treten bei experimentellen Arbeiten höhere Störpegel auf, können Testsignalfolgen genutzt werden, aus deren Systemantwort die Stützstellen der Gewichtsfunktion geschätzt werden können. Das eingesetzte Auswerteverfahren führt zu einer deutlichen Verringerung der stochastischen Einflüsse und so bei Auswertung der ermittelten Gewichtsfunktion mittels gewichteter Momente zu geringeren Parameterfehlern. Werden statt PRBS Testsignalfolgen genutzt, die aus optimalen Versuchsplänen nach PLACKETT und BURMANN abgeleitet wurden, verringern sich bei gleicher Versuchszeit die Varianzen der Stützstellen der Gewichtsfunktion um 50%.

Es wurde eine universell anwendbare Automatisierungslösung für Verweilzeituntersuchungen bei Nutzung von Einzelimpulsen und optimalen Testsignalen erstellt, deren Anwendung an einer Absorptionskolonne gegenüber konventionellem Experiment zu bedeutenden Versuchszeiteinsparungen führt. Die durchgeführten praktischen Untersuchungen bestätigen hinsichtlich der Leistungsfähigkeit der Auswerteverfahren die theoretischen gewonnenen Erkenntnisse.

Dipl.-Ing. GÜNTER KETTNER (34) studierte von 1976 bis 1981 Verfahrenstechnik an der Technischen Hochschule „Carl Schorlemmer" Leuna-Merseburg. Von 1981 bis 1985 wissenschaftlicher Assistent an der Sektion Verfahrenstechnik, Wissenschaftsbereich Automatisierungstechnik dieser Hochschule. Seit 1985 im Bereich Forschung des VEB Pharma Neubrandenburg.

Dissertation A an der Fakultät für Technische Wissenschaften und Mathematik der Technischen Hochschule „Carl Schorlemmer" Leuna-Merseburg.
Merseburg, 5. Mai 1988.

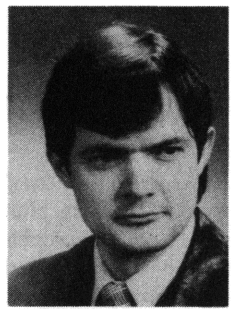
Doktorand: Dipl.-Ing. G. KETTNER
Vorsitzender der Prüfungskommission:
Prof. Dr. sc. techn. G. BRACK
Gutachter:
Doz. Dr. sc. techn. G. LORENZ
Prof. Dr. sc. techn. J. KARDOS
Prof. Dr. sc. techn. W. PIPPEL

Die Dissertation kann nur über die Bibliothek der TH „Carl Schorlemmer" Leuna-Merseburg entliehen werden.

Dr.-Ing. GÜNTER KETTNER, VEB Pharma Neubrandenburg, Bereich Forschung, Straße der Landjugend 1—3, Neubrandenburg, 2000

msr 8988

Algorithmen adaptiver „pole placement"-Regler



Die Dissertation befaßt sich mit einigen Problemen der diskreten adaptiven Regelung linearer langsam zeitvarianter Eingrößensysteme. Sie reiht sich ein in die weltweiten Bemühungen, die anwendungsbereite Theorie der adaptiven Regelung zu bereichern. Die Hauptergebnisse der Arbeit sind ein Algorithmus zur Lösung der Diophantischen Polynomgleichung, eine global konvergente Modifikation der rekursiven Methode der kleinsten Quadrate zur Schätzung langsam zeitvarianter Parameter und ein rekursiver Algorithmus zur direkten Schätzung der Reglerparameter.

Die On-line-Lösung einer Diophantischen Polynomgleichung ist ein elementarer Entwurfsschritt adaptiver „pole placement"-Regler mit expliziter Prozeßidentifikation. Der Gaußsche Eliminationsalgorithmus stellt eine naheliegende Möglichkeit zur numerischen Lösung dieser Gleichung dar. Geht man aber vom Euklidischen Algorithmus zur Bestimmung des größten gemeinsamen Teilers zweier Polynome aus, so läßt sich ein Algorithmus konstruieren, der die gleiche Aufgabe in kürzerer Zeit bewältigt, ohne positive Eigenschaften, wie numerische Stabilität oder geringer Speicherbedarf, einzubüßen.

Die über einen Vergessensfaktor gesteuerte exponentielle Bewertung aus der Vergangenheit bekannter Daten ist eine grundlegende Strategie zur Schätzung zeitvarianter Parameter. Darauf aufbauend wird in der Dissertation durch Modifikation der rekursiven Methode der kleinsten Quadrate ein zur Schätzung langsam zeitvarianter Parameter geeigneter rekursiver Algorithmus hergeleitet. Die globale Konvergenz dieses Algorithmus wurde mit Hilfe der direkten Methode von LJAPUNOV bewiesen. Seine Implementation erfolgt auf der Basis des numerisch stabilen UDU^T-Faktorisierungsalgorithmus. Die Gefahr eines exponentiellen Abdriftens bei Meßwertvektoren mit nahezu verschwindenden Elementen wird ausgeschlossen.

Adaptive Regler mit einer direkten Schätzung der Reglerparameter sind wegen der sich erübrigenden Reglerparameterberechnung besonders attraktiv. Die vollständige Reparametrisierung der linearen Gleichung diskreter nichtminimalphasiger Prozesse, deren praktische Existenz mehr eine Regel als die Ausnahme ist, liefert aber eine in den Unbekannten bilineare Bedingungsgleichung. Die Bilinearität der Bedingungsgleichung führt bei Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate auf ein nicht geschlossen lösbares nichtlineares System von Normalgleichungen. Iterativ ließe sich dieses Gleichungssystem unter anderem mit dem wohlbekannten lokal konvergenten Gauß-Newton-Algorithmus lösen. Die auf eine rekursive Arbeitsweise gerichtete Modifikation des dem Gauß-Newton-Algorithmus zugrunde liegenden Funktionals ergibt einen rekursiven, ebenfalls lokal konvergenten Schätzalgorithmus, dessen Struktur identisch mit dem der rekursiven Methode der kleinsten Quadrate ist. Auf seiner Basis läßt sich ein adaptiver Regler mit impliziter Prozeßidentifikation formulieren.

Dipl.-Ing. MARTIN HALWASS (29) studierte von 1978 bis 1983 an der Sektion Technische Elektronik der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock in der Fachrichtung Technische Kybernetik und Automatisierungstechnik. Von 1984 bis 1987 absolvierte er an derselben Einrichtung ein Forschungsstudium. Seither ist er am dortigen Wissenschaftsbereich Automatische Steuerungen als wissenschaftlicher Assistent tätig.

Dissertation A an der Fakultät für Mathematik, Physik und Technische Wissenschaften des Wissenschaftlichen Rates der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock.
Rostock, 8. Juli 1988

Doktorand: Dipl.-Ing. M. HALWASS
Vorsitzender der Prüfungskommission:
Prof. Dr. sc. techn. B. MÜNZER
Gutachter: Prof. Dr. sc. techn. R. STRIETZEL
Prof. Dr. sc. nat. G. MAESS
Prof. Dr. sc. techn. K. HORMANN

Die Dissertation kann nur über die Bibliothek der WPU Rostock entliehen werden.

Dr.-Ing. MARTIN HALWASS, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Technische Elektronik, Wissenschaftsbereich Automatische Steuerungen, Albert-Einstein-Str. 2, Rostock 6, 2500

msr 8991

Diskrete Optimierungsmodelle. Effektive Algorithmen und näherungsweise Lösung. Von K. RICHTER, P. BACHMANN und ST. DEMPE. Berlin: VEB Verlag Technik 1988. 188 Seiten. 26,— M.
Bestell-Nr.: 553 902 6

Der Gegenstand des Buches ist von hoher praktischer Relevanz. Viele Probleme der Planung, der operativen Lenkung und Steuerung sind diskreter Natur. Will man derartige Aufgabenstellungen optimal lösen, so ergeben sich diskrete Optimierungsprobleme, deren Eigenschaften vom wissenschaftlichen Standpunkt her gesehen sehr interessant, aber auch schwierig zu verstehen sind. Dieses Gebiet befindet sich in einer außerordentlich dynamischen Entwicklung. Das Werk faßt die Grundgedanken und Lösungsalgorithmen in systematischer Weise zusammen. Hervorzuheben sind die vielen Bezüge zu Aufgabenstellungen, die bei der Automatisierung technischer und geistiger Prozesse auftreten. Im Vordergrund steht dabei die Automatisierung von Fertigungsprozessen. Somit werden die systemanalytischen Grundlagen zur Schaffung von Software zur Steuerung solcher Prozesse dargelegt. Der Leser findet alle wesentlichen Richtungen des Gebietes so dargestellt, daß er nach dem Studium dieses Buches prinzipiell in der Lage ist, diskrete Optimierungsaufgaben zu bearbeiten und die dazugehörige Fachliteratur zu verstehen. Das betrifft nicht nur klassische Verfahren, sondern auch Näherungsverfahren, darunter stochastische wie die thermodynamische Suche. Hervorzuheben ist, daß der Leser wirksame Hilfe bei der Modellierung seines Problems erhält und die Möglichkeit hat, verschiedene Modellansätze für das gleiche Problem auszuprobieren. Die Autoren verschweigen auch nicht die vielen ungelösten Probleme, sondern sprechen diese direkt an, so daß keinesfalls der Eindruck entsteht, daß sich alles schon in einem zufriedenstellenden Stadium befindet. Das Buch ist für Ingenieure, Ökonomen und Mathematiker geschrieben. Der Nichtmathematiker erhält wirksame Unterstützung beim Studium durch entsprechend verständliche Begriffsdefinitionen und zusätzliche Erklärungen.

B 2426 J. ESTER

CP/M in der Praxis. Von J. BERNERT, M. BUROW und CH. HANISCH. Berlin: VEB Verlag Technik 1988. 224 Seiten, 126 Bilder, 59 Tafeln. 23,— M.
Bestell-Nr. 553 961 6

In der Reihe „Technische Informatik" werden grundlegende und spezielle Problemkreise aus Theorie und Praxis dieser neuen, zukunftsträchtigen Wissenschaftsdisziplin behandelt. Dazu zählen zweifelsohne die System- und die Anwendersoftware. Das Buch widmet sich dem Betriebssystem CP/M (Control Program for Microprocessors: Steuerprogramm für Mikrorechner) als einem Grundelement der Systemsoftware. Dieses Betriebssystem hat sich im internationalen Maßstab de facto als Industriestandard für 8-bit-Personalcomputer auf der Basis der Mikroprozessoren Intel 8080/8085, Zilog Z 80 und U 880 durchgesetzt. Es wird daher das „ursprüngliche" System CP/M behandelt, das im Unterschied zu dem CP/M-86-Betriebssystem für Personalcomputer auf der Basis von Intel 8086/8088-Prozessoren auch als CP/M-80 bezeichnet wird — und zwar in der Version CP/M 2.2. Sein Vorzug besteht darin, daß es relativ einfach an unterschiedliche Bedingungen anzupassen und unkompliziert anzuwenden ist. Dazu existiert eine große Anzahl leistungsfähiger Anwenderprogramme. Nach einer kurzen Erläuterung der Hardware eines Personalcomputers werden CP/M-Struktur und CP/M-Fehlermeldungen, Disketten und Dateien sowie das Kommandosystem behandelt. Darauf folgt eine zusammengefaßte Übersicht über Standardsoftware sowie über das Dienstprogramm POWER, insbesondere seine Funktionen und deren praktische Handhabung als „Werkzeug für Spezialisten". Den Hauptteil des Buches bildet die Behandlung des Systems WordStar — des bekannten und viel verwendeten CP/M-kompatiblen, bildschirmorientierten Textverarbeitungssystems mit integrierten Druckfunktionen — einschließlich der leistungsstarken Zusatzkomponente Mailmerge zum Textausdruck, zur Dateienverkettung, zum Einmischen variabler Daten in einen vorhandenen Text, zum Erstellen von Serienbriefen und zum zyklischen Ausdrucken.
Weiterhin werden Grundlagen und Methoden zum Umgang mit den Operationen und Funktionen des Systems praxisbezogen dargestellt und anhand einer Vielzahl instruktiver Beispiele erläutert, die mit Abbildungen und Tabellen wirkungsvoll und anschaulich untersetzt sind. Es liegt somit ein inhaltlich und methodisch ausgesprochen nutzerfreundliches Werk vor. Dazu zählt neben klarer Gliederung, logischem Aufbau und einem fünfseitigen Sachwörterverzeichnis auch die Kennzeichnung jeder Seite mit Kurzüberschriften, die dem Leser die Suche nach bestimmten Komplexen und Details erleichtert. Dies sei zur Nachahmung empfohlen!

B 2456 H.-G. LAUENROTH

Berechnungsmethoden auf der EDV-Anlage. Nachschlagwerk. Von V. V. IVANOV. Kiew: Naukova dumka 1986. 584 Seiten, 10 Bilder, 16 Tafeln.

Mit der umfangreichen Anwendung der Rechentechnik wächst das Bedürfnis nach effektiven mathematischen Lösungsverfahren. Die bei einer kleinen Anzahl von Spezialisten auf dem Gebiet der numerischen Mathematik vorhandenen Erfahrungen sind für den breiten Anwenderkreis nur schwer zugänglich. Der Autor hat auf der Grundlage von über 50 Zuarbeiten führender sowjetischer Spezialisten die auf diesem Gebiet vorhandenen Erfahrungen und Erkenntnisse zu diesem Nachschlagwerk zusammengestellt. Damit werden die effektivsten Verfahren zur näherungsweisen Lösung der in der Praxis auftretenden Aufgaben der angewandten Mathematik auf dem Rechner einem breiten Leserkreis zur Verfügung gestellt. Dabei wurden auch solche Methoden aufgenommen, die traditionell nicht zur numerischen Mathematik gehören, wie z. B. die statistische Datenanalyse, lineare und nichtlineare Optimierungsverfahren u. a. Von besonderer Bedeutung ist eine durchgängige Orientierung auf die rechentechnische Realisierung der Verfahren. Deshalb enthalten alle Abschnitte ausführliche Fehleranalysen, Angaben zu Rechenzeit und Speicherplatzbedarf. Die Ausführlichkeit, mit der die theoretischen Grundlagen für die ausgewählten Verfahren behandelt werden, ist weitgehend davon abhängig gemacht worden, ob ausreichende Literatur bereits vorliegt, so daß für allgemein zugängige Verfahren nur knappe Grundkenntnisse vermittelt werden. Im Unterschied zu entsprechenden Nachschlagwerken (z. B. von G. KORN und T. KORN) werden dabei neben der Bestimmung von Begriffen, Methoden und Objekten der numerischen Mathematik auch Hinweise auf die Beweisführung gegeben und in den Fällen, wo es erforderlich scheint, mit nichttrivialen Beispielen die Erläuterung unterstützt.

B 2340 J.-A. MÜLLER

Der Sachertorte-Algorithmus und andere Mittel gegen die Computerangst. Von J. SHORE. Berlin/Heidelberg/New York/London/Paris/Tokyo: Springer-Verlag 1987. 252 Seiten.

Auf S. 206/207 liest man: „Der Computer ist das allgemeinste, leistungsfähigste und anpassungsfähigste Werkzeug, das jemals erfunden wurde, und es ist nur natürlich, nach seinen Grenzen zu fragen." Diese und viele andere Fragestellungen rund um den Computer und sein „Verhältnis" zum Nutzer werden vom Autor aufgegriffen und mit profunder Kenntnis der Materie besprochen. Nach der Lektüre etwa des ersten Drittels des Buches dachte ich, Leute mit so viel Angst vor dem Umgang mit dem Computer, wie der Autor das bei vielen Personen

zu verspüren meint, sollten sich einen Job suchen, bei dem sie keinen Rechner brauchen. Während des nächsten Drittels bekam ich auch Angst. Es ist schon verblüffend, was alles zu Schwierigkeiten führen kann: Hardwarefehler, Softwarefehler (Syntax und Semantik), unzulängliche Benutzerschnittstelle, fehlerhafter Algorithmus, Rolle der Sprache und des Stils, Komplexität und Flexibilität, mangelnde Software-Wartung und Schwierigkeiten beim Testen, usw., usw. Dazu ein Zitat von S. 169: „Programmierer machen Fehler, aber die heutigen Softwareprobleme sind keine statistische Augenscheinlichkeit für die Fehlbarkeit des Menschen, sie sind die unvermeidliche Folge der Programmiersprachen und -methoden, die wir verwenden. Die Komplexität der Programme, die wir schreiben, hat schneller zugenommen als unsere Fähigkeit, sie fehlerfrei zu schreiben. Diese ungleiche Entwicklung ist eine der wichtigsten und schwierigsten technischen Herausforderungen unserer Zeit". Am Ende der Lektüre dieses originellen Buches war mein „Computer-Weltbild" in etwa wieder in Ordnung. Eine Fülle nützlicher Tips zur Arbeit mit dem Computer, zur Systematik und Algorithmierbarkeit und zu Kriterien zur sinnvollen Rechnerauswahl sowie zur Einordnung und zu den Zielstellungen moderner Rechentechnik hatte das vollbracht. So soll ein letztes Zitat aus diesem intelligenten, populärwissenschaftlichen, emotional ansprechenden, bei aller Ernsthaftigkeit vergnüglich zu lesenden Buch diese Besprechung beenden (S. 118): „Computer tun nicht nur genau, was man ihnen sagt — abgesehen von einer Fehlfunktion tun sie überhaupt nichts, ohne daß man es ihnen sagt. Der Computer kann weder Gedanken lesen noch wird er uns lieben oder ehren. Er wird uns jedoch gehorchen, im Schlechten wie im Guten". — Hoffen wir's!

B 2462 D. WERNER

Rechnerstrukturen. Verhaltensbeschreibung und Entwurfsebenen. Eine Einführung für Elektrotechniker und Informatiker: Von K. LAGEMANN. Berlin/Heidelberg/New York/London/Paris/Tokyo: Springer-Verlag 1987. 295 Seiten, 441 Bilder.

Der Autor, ein Vertreter der technischen Informatik, sieht sein Buch „Rechnerstrukturen" als eine Einführung in den Entwurf von Rechnersystemen unter Berücksichtigung des fortgeschrittenen Standes der Mikroelektronik, d. h. VLSI-Niveau. Das von ihm benutzte Mehrebenenkonzept beruht offensichtlich auf der Theorie des „Langen dünnen Mannes", der Schaltkreise im wesentlichen verhaltensorientiert auf der Systemebene (LAGEMANN nennt sie Hauptblockebene) entwirft und mittels entwickelter CAD-Software die Entwurfsprobleme der darunterliegenden Ebenen (Register-Transfer-Ebene, Schaltwerkebene, Ebene der elektrischen Schaltungen) auf ein Minimum reduziert. Nur unter dieser Nebenbedingung wird verständlich, daß Informatikern und Elektronikern das gleiche Grundlagenwissen vermittelt wird. Damit wird dieses Buch auch für den konventionellen Praktiker unter den Bedingungen eines zunehmend anwendungsorientierten Schaltkreisentwurfes zu einem gut verständlichen Mittel der eigenen, komplexen, grundlagenorientierten Weiterbildung. Das gesamte Buch hat der Autor inhaltlich und methodisch streng nach der „Top-Down-Methode" aufgebaut, betont aber mehrfach, daß dies nur unter der Nebenbedingung „Bottom-Up-Einfluß" möglich ist. Der hohe Wert des Buches ergibt sich aus einer ausgefeilten Methodik, bestehend aus einer Kombination von Definitionen, Beispielen, Hinweisen und einer großen Anzahl von grafischen Darstellungen sowie einer in allen Ebenen einheitlichen PASCAL-orientierten Hardwarebeschreibungssprache. Die hohe Qualität des rechnergestützten Druckes unterstützt das methodische Konzept.

Ein umfangreiches Literatur-, Sach- und Abkürzungsverzeichnis unterstreichen die getroffene Einschätzung. Übungsaufgaben mit Lösungen wären jedoch eine wertvolle Ergänzung.

In Übereinstimmung mit der vom Autor im Vorwort getroffenen Einschätzung ist festzustellen, daß bei dem gewählten streng hierarchischen Vorgehen und in Anbetracht der bestehenden praktischen Bedeutung ein übergreifendes Kapitel zum rechnergestützten Entwurf von Rechnern und Schaltkreisen (CAD Computer/IC) sehr wichtig wäre.

B 2351 D. JUNGMANN

Serielle Busse. Neue Technologien, Standards, Einsatzgebiete. Von H. HALLING u. a. Berlin/Offenbach: VDE-Verlag GmbH 1987. 286 Seiten.

Serielle Bussysteme sind für Automatisierungssysteme eine entscheidende, globale Ressource geworden, deren effiziente Gestaltung wesentlich die Leistungsfähigkeit des Automatisierungssystems bestimmt. Das ist auch ein Grund für intensive Bemühungen um die Schaffung internationaler Standards und für den Wettlauf der Hersteller um die Implementierung möglichst komplexer Lösungen. Der Einsatzbereich erstreckt sich von den seriellen Komponentenbussen zur Verknüpfung von hochintegrierten Geräten zu komplexen Einrichtungen (z. B. dezentrale Prozeßdatenverarbeitungsgeräte) bis zu Weitverkehrskommunikationsnetzen. Für die unterschiedlichen Lösungen gibt es eine große Palette der Gemeinsamkeiten: Prinzipien der logischen und physikalischen Realisierung der Datenübertragung, Topologien von Bussystemen, Zugriffssteuerungen und verschiedenartige Kommunikationsdienste.

Die 6 Autoren, die seit langem auf dem Gebiet der Bussysteme publizieren, erreichen in der Monografie eine erstaunliche Breite. Der Leser findet auf etwa 40 Seiten einen hinreichenden Überblick von W. RIES und F. DEMMELMEIER über die physikalischen Realisierungen der Datenübertragung (mechanische und elektrische Kopplung, Leitungen), die erforderlichen logischen Funktionen (Übertragungstechniken, Signalformatierung, Serialisierung, Synchronisation, Fehlersicherung, Protokollaufbau), Buszugriffsverfahren und Bustopologien. Mit ähnlichem Umfang werden dann typische Anwendungen serieller Busse mit unterschiedlicher Normungstiefe abgehandelt.

Auf 40 Seiten gibt K. ZWOLL eine Übersicht über die lange Zeit bahnbrechende Lösung ETHERNET und eine Beschreibung ausgewählter Komponenten (allgemeine Architektur, Intel-ETHERNET-Controller, Interlan-ETHERNET-Controller, DEC-Kommunikationsinterface, SMP-kompatible ETHERNET-Baugruppe, aber auch hochintegrierte ETHERNET-Controller-ICs von *SEEG*, *AMD/MOSTEK* und *INTEL*). Eine Leistungsbeurteilung schließt das Kapitel ab.

Auf 50 Seiten werden ebenfalls von K. ZWOLL Grundlagen, Produkte und Realisierungen sowie Weiterentwicklungen des sich in starkem Aufschwung befindlichen internationalen Normungsvorhabens Manufacturing Automation Protocol (MAP) dargestellt. Kürzer fallen die Beschreibungen über den TOKEN-Ring nach Norm IEEE 802.5 (D. CONRADS) und über die IEC-Norm für Prozeßbusse PROWAY C (K. ZWOLL) aus.

Wiederum 40 Seiten werden von H. HALLING zur Beschreibung von Nahbereichsbussen (I^2C-Bus und D^2B-Bus von *PHILIPS*, VMS-Bus als serielle Ergänzung paralleler VME-Busse) genutzt.

Ein Umfang von etwa 50 Seiten dient den Autoren H. HALLING, K. ZWOLL, H. WALZE zur verbindenden Behandlung von speziellen seriellen Bussystemen, die in der Automatisierungstechnik Verbreitung fanden: Intel-Bitbus (inzwischen u. a. zur Feldbusimplementierung genutzt), Zubringerbusse nach MIL-Standard 1553 B und der PDV-Bus (DIN 19241). Für letzteren werden 6 Implementierungen beschrieben. Ein Glossar mit 193 Begriffen erleichtert dem Leser das Verständnis der vielen aus dem Englischen übernommenen Fachausdrücke bzw. Abkürzungen.

Das Buch ist eine gelungene Kombination von Konzept- und Grundlagendarstellung sowie von detaillierter Behandlung existierender Bussysteme bzw. Normungsvorhaben. Es ist geeignet für Systementwickler zum Einstieg in das Gebiet, zum schnelleren Verschaffen eines Überblicks. Zur Vertiefung können die vielen Literaturangaben genutzt werden.

B 2327 P. NEUMANN

Makroprogrammierung. Einführung — Übungen — Praxis. Von R. DUMKE. Leipzig: VEB Fachbuchverlag 1988. 194 Seiten, 11 Bilder, 22,— M.

Die Makroprogrammierung steht durchaus nicht im Mittelpunkt des allgemeinen Interesses. Man findet diesen Begriff bisher meist nur in den Bedienhandbüchern mancher Assembler und Compiler. Es ist ein hervorzuhebendes Verdienst von Autor und Verlag, diesem Gebiet einen eigenständigen Titel gewidmet zu haben. Dabei werden nicht nur die Mittel (d. h. verschiedene Makrogeneratoren) in einer generalisierenden Form dargestellt, sondern auch die Methodik ihres Einsatzes behandelt. Auf diese Weise konnte endlich eine Lücke auf dem Buchmarkt geschlossen werden.
Einleitend werden zunächst einige Begriffe der Theorie formaler Sprachen und der Übersetzungsprogrammtechnik vorgestellt. Es schließt sich eine systematische Behandlung wesentlicher Aspekte der Makrotechnik an, wobei sich der Autor weitgehend um eine formalisierte Darstellung der Zusammenhänge auf einem hohen theoretischen Niveau bemüht. Zur Erläuterung dienen zahlreiche Beispiele.
Im zweiten Teil des Buches werden konkrete Makrosprachen und -generatoren detaillierter besprochen. Im Rahmen der Assembler-Makroprogrammierung werden MACRO-80, MACRO-SM und MACRO-OS behandelt. Weiterhin wird ausführlich auf den Einsatz der PL/1-Makrotechnik eingegangen, und zwar bis hin zur Implementation von Fachsprachen.
Besonders hervorzuheben ist die Mühe, die sich der Autor mit dem Ausarbeiten von zahlreichen Übungsaufgaben gemacht hat, deren Lösung er erläutert und teilweise durch Quelltextausdrucke in einem umfangreichen Anhang dokumentiert. Abgeschlossen wird der Titel durch eine Bibliografie zur Makrotechnik mit 278 (!) Literaturstellen.
Zusammenfassend ist einzuschätzen, daß hier ein zwar kleines aber inhaltsschweres Buch vorgelegt wird, das man Studenten der Informatik und fortgeschrittenen Programmierern nur wärmstens empfehlen kann.

B 2376 D. WERNER

Künstliche Intelligenz — Überblick und Grundlagen. Grundlegende Konzepte und Methoden zur Realisierung von Systemen der künstlichen Intelligenz. Von P. SCHEFE. Mannheim/Wien/Zürich: Bibliographisches Institut. 227 Seiten.

„Künstliche Intelligenz" ist in der letzten Zeit zu einem oft gebrauchten Schlagwort geworden. Rechner zu befähigen, „intelligente" Leistungen zu vollbringen, wird von vielen als eine faszinierende Aufgabe angesehen, von anderen aber als eine nicht realisierbare Zielstellung betrachtet.
P. SCHEFE versucht, in diese häufig emotional geprägte Diskussion mit fundierten, Befürworter und Gegner gleichermaßen ansprechenden Argumenten einzugreifen.
Die ersten 40 Seiten seines Bandes sind dem Anliegen und der Geschichte der KI gewidmet. Der Tatsache, daß dieses Fachgebiet in besonders starkem Maße von herausragenden Wissenschaftlern geprägt wurde, versucht er dadurch gerecht zu werden, daß er viele von ihnen in Zitaten zu Wort kommen läßt.
Der Hauptteil des Bandes ist in drei Kapitel unterteilt. In einer sehr anschaulichen Form werden Prinzipien und Methoden der Suche, der Inferenz und der Wissensrepräsentation dargestellt. Es sind dies die Grundlagen der KI, auf denen aufbauend praxisrelevante Aufgaben wie die des Baus von Expertensystemen oder der Schaffung intelligenter Roboter gelöst werden. Das Problem der Implementierung wird durch Angabe von LISP-Programmen durchgängig angesprochen.
Das Buch ist für einen breiten Leserkreis geschrieben. Es kann vor allem Ingenieuren und Technikern empfohlen werden, die KI-Methoden als neues Handwerkszeug in ihrem Fachgebiet einsetzen wollen. Fraglich bleibt jedoch, ob die an vielen Stellen angegebenen LISP-Funktionen nach der sehr kurzen Einführung in die Programmiersprache LISP auf nur reichlich 3 Seiten für alle Leser verständlich sind.

B 2365 J. LUNZE

Expertensystem-Praktikum. Von P. SCHNUPP und C. T. NGUYEN HUU. Berlin/Heidelberg/New York/London/Paris/Tokyo: Springer-Verlag 1987. 360 Seiten, 102 Bilder.

Die Autoren stellen sich mit dem Buch das Ziel, in neue Entwufs- und Programmiertechniken einzuführen, die das Gebiet der wissensbasierenden Systeme in die Softwaretechnologie eingebracht hat. Das Buch wendet sich deshalb vor allem an Softwareingenieure, die vor der Aufgabe stehen, praktisch nutzbare Expertensysteme aufzubauen. Anhand von vier anschaulichen PROLOG-Programmen wird die Herangehensweise bei der Konzipierung, Erstellung und Testung von Expertensystemen erläutert. Die verwendete Implementierungssprache ist PROLOG, deren Kenntnis vorausgesetzt wird. Ebenso werden die Architektur, die Aufgaben und Wirkungsweisen der einzelnen Komponenten von Expertensystemen nur kurz erläutert. Aufbauend auf ein einführendes Beispielexpertensystem werden so wichtige Fragenkomplexe, wie die Darstellung und Verarbeitung von deklarativem Wissen, die Dialogführung und Lernprinzipien vorgestellt. Sehr wesentlich sind auch die Ausführungen zur objektorientierten Wissensverwaltung, die Einbettung von Expertensystemen und die Hinweise zu Strategien der Entwicklung von Expertensystemen.
An einem kleinen Beispiel eines Auskunftssystems wird die schrittweise Umsetzung von Expertensystemkomponenten in ein PROLOG-Programm dargestellt. Dabei, wie auch bei den drei anderen Beispielen aus den Gebieten der Diagnose und der Konfigurierung, wird die Möglichkeit der Modularisierung konsequent angewandt und deren Vorteile dem Leser gut nahegebracht. In zwei Beispielen erläutern die Autoren die Erzeugung und Abarbeitung von Framestrukturen als eine Form der Wissensdarstellung. Die Beispielprogramme sind klar gegliedert, konsequent modular aufgebaut und durch eine günstige Wahl der Prädikatennamen selbstdokumentierend. Ihrer schrittweisen Erstellung kann der Leser mühelos folgen und sie praktisch nachvollziehen. Ein vollständiges Listing der vier Programme am Ende des Buches erleichtert die Überprüfung des auf dem Rechner eingegebenen Textes und ermöglicht es, die Programme auch in geschlossener Form zu lesen.
Wertvolle Hinweise zur Wahl eines geeigneten PROLOG-Systems ergänzen das Buch und sind vor allem für weniger geübte Programmierer sehr hilfreich. Mit Nachdruck wird auf die Notwendigkeit der Kopplungsmöglichkeit des PROLOG-Systems mit konventionellen Programmiersprachen hingewiesen, da sonst die Praxisrelevanz stark eingeschränkt wird.
Das Buch ist eine gelungene Anleitung für den in der Praxis tätigen Softwareingenieur, der sich mit der Entwicklung und dem Einsatz von Beratungs-/Expertensystemen beschäftigt. Es wird in allen Belangen der Zielstellung eines Expertensystem-Praktikums gerecht.

B 2317 J. WERNSTEDT

CAD-Begriffe. — Ein Lexikon. Von L. SCHWAIGER. Berlin/Heidelberg/New York/London/Paris/Tokyo: Springer-Verlag 1987.

Das im Auftrag der *SIS — Staedtler Informationssysteme GmbH Nürnberg* herausgegebene Nachschlagewerk enthält sowohl für den Lernenden als auch für den Spezialisten auf 262 Seiten fast 800 (davon 90 Querverweise) Begriffe, Schlagworte, Abkürzungen und technische Ausdrücke der CA-Technologie CAD. Mit dem 1983 bis 1986 unter Mitwirkung einer großen Zahl von Fachleuten entstandenen Lexikon liegt ein Buch vor, das im thematischen Bereich CAD eine bestehende Literaturlücke schließen hilft. Bei dieser lexikalischen Sammlung stehen das rechnerunterstützte Entwerfen, Zeichnen und Konstruieren insbesondere aus der Sicht der Anwendung von CAD-Systemen (Einheit von Hardware und Software) im Mittelpunkt. Entsprechend der damit vorgegebenen begrifflichen Abgrenzung der CAD-Technologie erfolgte eine sorgfältige und repräsentative Auswahl des Materials mit hohem Informationsgehalt. Das Lexikon zeichnet sich darüber hinaus durch eine die Anschaulichkeit und das Verständnis fördernde umfangreiche bildliche Ergänzung, die teilweise Einbeziehung von Literaturhinweisen und englischem Fachvokabular, die Aufnahme einschlägiger Abkürzungen sowie durch die Angabe ausgewählter Normen und Standards aus. Ergänzende Begriffe und Beispiele, die sich auf das CAD-System SIS CAD-M (*Staedtler*

Informationssysteme GmbH) beziehen, ordnen sich homogen in die Gesamtdarstellung ein.
Das Lexikon stellt mit seinen Begriffen und Definitionen einen gelungenen Versuch dar, CAD-Fachvokabular zu erläutern und aus der Sicht eines kompetenten Autorenkreises zu bereinigen bzw. in Anbetracht der dynamischen Entwicklung des Fachgebietes als eine solide Diskussionsbasis aufzubereiten.
Bei einer Nachauflage des Buches wäre eine optisch deutlichere Hervorhebung von integrierten Begriffen innerhalb umfangreicherer Darlegungen (z. B. CAD, GKS, Plotter) im Interesse eines schnelleren Zugriffs wünschenswert.
Das Lexikon kann allen Lesern, die sich auf dem Gebiet der Mittel und Methoden der rechnerunterstützten Konstruktion (im weiteren Sinne) aus anwendungs- und systemtechnischer Sicht lexikalisch informieren und qualifizieren möchten, als eine wertvolle, die interdisziplinäre Zusammenarbeit fördernde Unterstützung empfohlen werden.

B 2324 P. KUNTSCHE

CAD/CAM Schlüsseltechnologie als Intensivierungsfaktor. Von einem Autorenkollektiv. Berlin: Verlag Die Wirtschaft 1987. 320 Seiten, 160 Bilder, 25 Tafeln, 20,— M.

Durch die 31 Autoren wurde mit einer ausgewogenen, tiefgründigen und konzentrierten Behandlung des für Wissenschaft wie Praxis gleichermaßen wichtigen Gebiets CAD/CAM ein erhebliches Literaturdefizit beglichen.
Im 1. Kapitel „CAD/CAM-Schlüsseltechnologie für die umfassende Intensivierung" wird nach der Einordnung von CAD/CAM und ihrer Wertung als komplexer Neuerungsprozeß die Analyse und Begründung von CAD/CAM-Konzeptionen mit wertvoller Orientierung für künftige und praktizierte CAD/CAM-Lösungen vorgenommen.
Im 2. Kapitel „Schlüsseltechnologie CAD/CAM" werden Grundanliegen und (im Ansatz ohne PPS, CAPP usw.) Begriffsinterpretationen erläutert. Ausführungen zu CAD/CAM-Systemkomponenten und Systemaufbau sowie zu Schnittstellen, internationalen Standards und Modellen sind zu kurz gehalten. Dafür werden die Computeranwendung in der Angebots- und Auftragsbearbeitung, im Erzeugnisentwurf, in der technologischen Fertigungsvorbereitung, Fertigungsdurchführung und automatisierten Fertigung hervorgehoben, wobei auch die Nutzung der Optimierung und Simulation der Konstruktion eine Rolle spielt. Die Weiterentwicklung zum rechnerintegrierten Betrieb der Zukunft CIM schließt als kurzgefaßter Ausblick das 2. Kapitel ab.
Im 3. Kapitel „Materiell-technische und software-technologische Basis" werden Aussagen zur Basissoftware und Softwaretechnologie, CAD/CAM-Technik und zu Einsatzempfehlungen in Übereinstimmung mit internationalen Publikationen getroffen. Das für den Praktiker besonders interessante 4. Kapitel „Ausgewählte Beispiele und Einsatzerfahrungen" enthält detailliert Anwenderlösungen, unterteilt nach Maschinenbau (AUTEVO für Konstruktion, MPS für Fertigungssteuerung, RATIBERT für die technologische Vorbereitung, CAD/CAM-Technologenarbeitsplatz PRO 15, ERFURT-CAD/CAM zur Projektierung, COSAR zur Realisierung der Finite-Elemente-Methode), Leichtindustie (GRAFIS für die Schuhindustrie), Bauwesen, Verkehrswesen, Elektrotechnik/Elektronik.
Im 5. Kapitel „Ökonomische, organisatorische und arbeitswissenschaftliche Aufgaben beim CAD/CAM-Einsatz" stehen die Effektivität und arbeitswissenschaftliche Erfordernisse im Mittelpunkt, wodurch eine notwendige und abrundende Ergänzung erreicht wird. Der Anhang enthält eine Übersicht über derzeitig verfügbare CAD/CAM-Rechentechnik und periphere Geräte, die jedoch wegen der schnellen Entwicklung der Computerproduktion eine bereits heute überholte Momentaufnahme ist.

B 2388 G. PEISSKER

Roboterdynamik. Eine Einführung in die Grundlagen und technischen Anwendungen. Von F. PFEIFFER und E. REITHMEIER. Stuttgart: B. G. Teubner 1987. 271 Seiten, zahlreiche Bilder.

Mit diesem Buch erweitert der Teubner-Verlag seine bewährte Studienbücher-Reihe zum Komplex Mechanik in aktueller und angemessener Weise. Die Autoren gehen bei der Behandlung des Gebietes davon aus, daß die Dynamik von Manipulatoren durch Kinematik, Kinetik sowie Steuerung und Regelung bestimmt wird. Dementsprechend ist der Inhalt des Buches gegliedert.
Im Abschnitt über Kinematik werden aufbauend auf grundlegenden Aussagen zur Modellierung von Industrierobotern und zur Wahl von Koordinaten und Koordinatensystemen klassische und moderne Verfahren zur Koordinatentransformation, das allgemeine inverse Problem und entsprechende numerische Algorithmen sowie die Methode der Bahnparametrisierung vorgestellt.
Ausgehend von der Diskussion der am und im Roboter wirkenden Kräfte befaßt sich das Kapitel „Kinematik" mit der Aufstellung und Auswertung von Bewegungsgleichungen für Roboter mit Baumstruktur und daraus resultierenden Problemen der Bahnplanung.
Der vierte Abschnitt „Optimierung von Industrierobotern" enthält eine zusammenfassende Einführung in die theoretischen Grundlagen zur Optimierung dynamischer Modelle, in Verfahren der dynamischen Programmierung sowie zugeordneter numerischer Verfahren. Da diese Thematik viele Teilgebiete tangiert, wird einerseits die Bedeutung eines solchen Kapitels unterstrichen, andererseits sprengen Umfang und Einordnung etwas den vorgegebenen Rahmen. Die Vieldeutigkeit der Überschrift weist ebenfalls auf diese Problematik hin.
Eine zu sehr gestraffte Darstellung erfahren leider die Konzepte der Bahnregelung im fünften Abschnitt, die bei einer Arbeit über Roboterdynamik doch wesentlicher Bestandteil sein müßten. Hierbei wird deutlich, daß die Autoren die Gesamtthematik vorrangig aus der Sicht der Mechanik behandelt haben. Dies jedoch ist in sehr prägnanter und anschaulicher Weise geschehen, so daß das Buch nützlicher Helfer in der entsprechend orientierten Aus- und Weiterbildung sein kann. Die Wahl der Beispiele trägt ebenfalls zur Nutzerfreundlichkeit bei.

B 2326 M. GÜNTHER

Laborpraktikum zur Robotertechnik. Moskau: Vysšaja škola 1986. 174 Seiten, 58 Bilder, 15 Tafeln.

Der Sammelband von Praktikumsaufgaben zur Robotertechnik ist der 9. Band im Rahmen der Reihe „Robotertechnik und flexible Automatisierung der Produktion", der als Lehrbuch vom sowjetischen Hochschulministerium für technische Fachrichtungen zugelassen wurde. In diesem Sammelband sind für Studenten eine große Anzahl von Praktikumsaufgaben folgender Komplexe zusammengetragen:

- Systeme zur Steuerung von Robotern und Manipulatoren
- Modellierung von Manipulatorsystemen
- rechentechnische Ausrüstung von Robotersystemen
- pneumatische und hydraulische Elemente und Antriebe für Roboter und Manipulatoren
- elektrische Elemente robotertechnischer Systeme.

Die Praktikumsaufgaben beinhalten neben der Herleitung der Zielstellung des Praktikums eine Kurzbeschreibung der eingesetzten technischen Anlagen, ein Programm für die durchzuführende Praktikumsarbeit im studentischen Labor sowie die erforderlichen Bestandteile der Belegarbeiten und Kontrollfragen.
Der Student hat die erforderlichen theoretischen Ableitungen in der Literatur entsprechend vorliegender Beschreibung der Praktikumsaufgabe zu studieren, die Praktikumsaufgaben in der vorgeschriebenen Weise zu realisieren und dazu ein Protokoll sowie entsprechende Skizzen und Tabellen anzufertigen.
Wenn auch die zugrundeliegende Technik von der in der Ausbildung in der DDR verwendeten abweicht, so gibt das Buch doch wertvolle Anregungen für die Gestaltung studentischer Arbeit und das wissenschaftlich-produktive Studium.

B 2354 K.-H. WINTER

Sensorik. 2., überarbeitete Auflage. Von W. HEYWANG. Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo: Springer-Verlag. 261 Seiten, 146 Bilder.

Die durch die enormen Fortschritte der Halbleiterelektronik sprunghaft gewachsenen Möglichkeiten der Sensorik werden im ersten Teil des Buches (Kapitel 1 bis 7) ausgehend von physikalischen Effekten (bevorzugt Halbleiter- und Festkörpereffekten) dargestellt. Im Vergleich zur Erstauflage wurden notwendige Korrekturen eingearbeitet und Aktualisierungen vorgenommen. Im einzelnen werden thermische, optische, magnetische, Piezowiderstands-, piezo- und pyroelektrische sowie chemische Effekte behandelt. Ausgehend von den wichtigsten physikalischen Grundlagen und Berechnungsgleichungen werden in jedem Kapitel Aufbau und Funktionsweise der entsprechenden Sensoren erklärt und weiterführende Literaturempfehlungen gegeben. Der zweite Teil des Buches (Kapitel 8 und 9) beinhaltet ausgewählte Probleme der Sensorsignalverarbeitung wie Vorverstärkung, Signalumsetzung und rechnerische Kennlinienkorrektur bei Einzelsignalverarbeitung sowie einige Aspekte zum Aufbau intelligenter Sensoren, von Sensornetzen und Sensorsystemen für eine oder verschiedene physikalische Größen. Das Beispiel der Steuerung der Gemischbildung und Zündung von Otto-Motoren durch ein Sensorsystem schließt die Betrachtungen ab. Die Publikation ist aufgrund der Vielzahl der erfaßten Effekte und der gelungenen Kombination von ingenieurwissenschaftlich aufbereiteten physikalischen Grundlagen der Sensorik mit deren praktischer Umsetzung sowohl zur Einarbeitung in die Problematik als auch zum Nachschlagen zu empfehlen.

B 2323 A. RÜLLICH

Quality Circles 1. Grundlagen. 2., überarbeitete Auflage. Von K. J. ZINK und G. SCHICK. München/Wien: Carl Hanser Verlag 1987. 173 Seiten, 67 Bilder.

Der Titel „Quality Circles", von den Autoren aus dem Begriffsinstrumentarium des japanischen Managements übernommen, ist insofern irreführend, als im Buch nicht allein die Probleme der Qualitätssicherung, sondern auch die der Produktions- und Leitungsbereiche betrachtet werden. Eingedenk dessen ersetzen die Autoren selbst diesen Begriff durch „Problemlösungsgruppe" (S. 38). Sie hat die Aufgabe, bestehend aus einer begrenzten Anzahl von Mitarbeitern eines Arbeitsbereichs, die Probleme, die die Mitarbeiter bei der täglichen Arbeitsausführung behindern, aufzugreifen, zu analysieren und zu lösen, wobei der produktive Bereich im Vordergrund der Betrachtungen steht. Es geht letztendlich darum, Motivation und Leistung der Mitarbeiter zu erhöhen. Der Lösung dieser Zielstellung gehen die Autoren nach. Sie untersuchen zunächst den Zusammenhang zwischen beiden und leiten dann auf traditionelle Konzepte dazu, z. B. zur Null-Fehler-Produktion, über. Die sich daraus ergebenden Grundgedanken werden auf weitere Themenschwerpunkte, wie Verbesserung der Produktivität, Kostenrechnung, Erhöhung der Arbeitssicherheit, Verbesserungen im Arbeitsumfeld, Verbesserung der Maschinenausstattung u. a. übertragen. Der Hauptteil ist der Arbeit der Problemlösungsgruppen vorbehalten. Übersichtlich und mit Beispielen untermauert werden Organisationsformen und Arbeitsweise sowie die notwendige Ausbildung der Mitarbeiter dieser Gruppen behandelt, Problembearbeitungs- und Kreativitätstechniken dargestellt. Die Autoren geben auch Hinweise zur ökonomischen Beurteilung der zu einem betrieblichen Schwerpunkt durchzuführenden Untersuchungen, zur Datenmessung und zum Kosten-Nutzen-Verhältnis und weisen auf Hinderungsgründe für die Arbeiten hin. Das Buch gibt einen guten Überblick über ein Teilgebiet der Rationalisierung betrieblicher Prozesse, wenn auch die dargestellten Praktiken nicht ohne weiteres für die sozialistische Industrie übernommen werden können, so geben sie doch wertvolle Anregungen für die Durchführung arbeitswissenschaftlicher Studien, für Gebrauchswert-Kosten-Analysen und Qualitätssicherungssysteme.
Aus dieser Sicht ist „Quality Circles" von praktischem Interesse.

B 2316 G. VIEHWEGER

Digitale Meßwertverarbeitung. Methoden und Fallstudien. 2., aktualisierte Auflage. Von M. PAUL. Berlin/Offenbach: VDE-Verlag GmbH 1987. 378 Seiten, zahlreiche Bilder.

Die Entwicklung der Mikroelektronik (Mikroprozessoren, AD-, DA-Umsetzer, Signalprozessoren) führt zum weitgehenden Einsatz digitaler Meßwertverarbeitungsverfahren. Die Ablösung analoger durch digitale Verfahren ermöglicht Lösungen von hoher Flexibilität und Komplexität. Ingenieure und Entwickler müssen sich deshalb zunehmend mit diesen Verfahren auseinandersetzen. Das Buch soll dabei Unterstützung leisten. Vorausgesetzt werden Kenntnisse über Fourier- und Laplace-Transformation sowie zur Funktionentheorie.
Nach einer Einleitung werden zunächst die Probleme bei der digitalen Erfassung analoger Meßwerte, Abtasttheorem und Aliasing-Effekt, Abtast-Jitter, Fehler von Folge-, Halteschaltungen und AD-Umsetzern, Signalquantisierung, behandelt. Es schließen sich die linearen Meßwertverarbeitungsalgorithmen, diskrete und schnelle Fourier-Transformation (einschließlich Quantisierungsfehler, Signalfensterung und programmtechnische Hinweise), digitale Filter, Interpolations- und Integrationsalgorithmen an. Besonders ausführlich wird, ausgehend von den theoretischen Grundlagen zeitdiskreter Systeme, auf digitale Filter mit endlicher und unendlicher Impulsantwort, ihre Entwurfsverfahren und den praktisch bedeutsamen Einfluß von Quantisierungseffekten, z. B. auf die Stabilität, eingegangen. Zur Signalanalyse stochastischer Signale werden die vorgestellten nichtlinearen Verfahren, Berechnung der Korrelationsfunktion (und Leistungsdichtespektrum, einschließlich Fehlerbetrachtung), Kurvenanpassung mit der Methode der kleinsten Quadrate, Cepstrum-Analyse (einschließlich Grundzüge der Theorie homomorpher Systeme) herangezogen. Leider wird die Methode der kleinsten Quadrate nicht in ihrer rekursiven Form eingeführt, die ein grundlegendes Verfahren für On-line-Signal-, -Prozeßanalyse, adaptive Filterung u. ä. ist.
Abgerundet wird der Band durch einige exemplarische Anwendungsbeispiele zu den erläuterten Verfahren. Dazu gehören ein Datenerfassungssystem für ein Kraftwerk, digitale Regelung eines Netzkopplers, Identifikation eines Systems über AKF und KKF mit der Methode der kleinsten Quadrate, Filterbank für einen Terzanalysator und Aufbereitung von EEG-Daten.
Für die wichtigsten Algorithmen und Entwurfsmethoden werden Flußdiagramme oder erläuterte FORTRAN-Programme angegeben und damit durchgerechnete Beispiele wiedergegeben. Die Programme sind im wesentlichen auf Großrechner zugeschnitten. Hinweise zur direkten Umsetzung der Algorithmen auf Signalprozessoren o. ä. werden nicht gegeben. Jedoch ermöglicht das Literaturverzeichnis ein vertiefendes Studium. Das Buch umreißt in klarer ingenieurgemäßer Darstellung ein breites Spektrum digitaler Meßwertverarbeitung, beleuchtet theoretische Hintergründe und zeigt Voraussetzungen und Grenzen für die Anwendung. Es wird damit zu einem nützlichen Hilfsmittel für Anwender digitaler Meßwertverarbeitung und solcher, die es werden wollen.

B 2381 J. WEDE

Elektronisches Messen: Analoge und digitale Signalbehandlung. Von W. GRUHLE. Berlin/Heidelberg/New York/London/Paris/Tokyo: Springer-Verlag 1987. 183 Seiten, 108 Bilder.

Bücher über elektronisches Messen sind nicht gerade selten, von solchen über Elektronik allgemein zu schweigen. Ein eher schmaler Band mit dem Untertitel „Leitfaden für Naturwissenschaftler und Techniker" möchte sich in diesem Umfeld schon durch Merkmale auszeichnen, die nicht alltäglich sind — und solche hat der Autor seinem Buch tatsächlich mitgegeben.
Ausgehend von der (bekannten) Tatsache, daß das Signal Träger der gesuchten oder von zu unterdrückenden Informationen ist, mit dem sorgfältig umgegangen werden muß, wird die Behandlung von Signalen zum roten Faden erklärt. Das Signal wird dem-

entsprechend auf seiner nicht unkomplizierten „Reise" durch alle Einheiten einer Funktionseinheit verfolgt — der Leser wird also zum Begleiter des Signals längs der Orts- und Zeitachse bis hin zur Informationsausgabe.
Diese originelle Idee wird konsequent realisiert: Nach einleitenden Erläuterungen zum Signal werden in vier Abschnitten dessen Veränderung, Sortierung, Transport und Registrierung behandelt. Durch Verzicht auf (Schaltungs-)Details gelingt die Akzentuierung übergreifender Zusammenhänge. Erst im letzten Kapitel sind Bauelemente und Bausteine (IC) zusammengefaßt, so daß eine reale Entlastung der anderen Abschnitte möglich wurde. Ein neun Seiten umfassendes Sachwortverzeichnis ist für die gewählte konzentrierte Darstellung besonders hilfreich.
Natürlich ist das Buch nicht ohne Vorkenntnisse benutzbar. Diese sind aber bei der gedachten Anwenderzielgruppe (Physiker, Naturwissenschaftler, Biologen, Mediziner, Techniker) a priori als gegeben vorauszusetzen, so daß das Buch diesem Leserkreis sehr empfohlen werden kann. Es ist ebenso für den Bereich der meßtechnischen Weiterbildung geeignet, nicht zuletzt wegen der oben hervorgehobenen Grundidee, die wohl in mancher Diskussion über das sattsam bekannte Inhalt-Zeit-Problem einschlägiger Lehrveranstaltungen hilfreich sein kann.

B 2350 W. RICHTER

Jahrbuch zum VDE-Vorschriftenwerk 1987. Neues über VDE-Bestimmungen und VDE-Leitlinien. Von A. WARNER. Berlin/Offenbach: VDE-Verlag GmbH. 1987. 375 Seiten, 1 Bild, 8 Tafeln.

Dieses 2. Jahrbuch führt den 1984 eröffneten Informationsdienst zum kompletten VDE-Vorschriftenwerk der BRD weiter. Es soll ebenso wie die Vorgängerausgabe Elektroingenieure und Praktiker regelmäßig über die dem Stand der Technik angepaßten technischen und sicherheitstechnischen Bestimmungen und andere Regeln von etwa 900 bestehenden VDE-Vorschriften informieren und notwendige Erläuterungen dazu abgeben. Das Jahrbuch 1987 enthält und erläutert deshalb nachfolgende besondere Themenkomplexe:

— Kurzfassungen der zwischen April 1986 und März 1987 in Kraft gesetzten Erst- und Folgeausgaben zum VDE-Vorschriftenwerk der Bereiche

- Energieanlagen (z. B. VDE 0100, 0101, 0105, 0106, 0111, 0122, 0165, 0170/0171)
- Energieleiter und Isolierstoffe (z. B. VDE 0212, 0250, 0271, 0295, 0302/0303)
- Messen, Steuern, Prüfen (z. B. VDE 0432, 0472)
- Maschinen und Umformer (VDE 0510, 0530, 0560, 0565)
- Installationsmaterial und Schaltgeräte (z. B. VDE 0604, 0627, 0660, 0675)
- Gebrauchs- und Arbeitsgeräte (z. B. VDE 0700, 0701, 0745, 0753)
- Informationstechnik (z. B. VDE 0860, 0873, 0878)

— Inkraft- bzw. Außerkraftsetzungskalender mit Angabe der im Zeitraum April 1986 bis März 1987 je Monat in Kraft gesetzten bzw. zurückgezogenen Vorschriften
— Aktuelle Mitteilungen zum VDE-Vorschriftenwerk, z. B. über die Verordnung des BRD-Energiewirtschaftsgesetzes, Berichtigungen sowie die Bekanntmachungen von Europanormen (EN) und Harmonisierungsdokumenten (HD), die durch das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) bestätigt wurden
— Kurzcharakteristiken zu Beiträgen und Büchern über neue bzw. geänderte VDE-Vorschriften
Besonders allgemein interessant und deshalb zu nennen sind die Veröffentlichungen:

- Wirkungen des elektrischen Stroms auf Menschen und Nutztiere: Lehrbuch der Elektropathologie (G. BIEGELMEIER)
- Das Normenwesen in der VR China (CHUAN-HUI CHENG)
- Lexikon der Nachrichtentechnik (P. DIETRICH und W. ENDERS)
- Arbeitsschutz in elektrischen Anlagen (P. HASSE und W. KATHREIN)
- Unfallverhütungsvorschriften und Normen — Erfahrungen aus der Zusammenarbeit (M. JANSEN)
- Europäische Normung zwischen nationaler und weltweiter Normung (R. KIRKHAM)
- Handbücher der Sicherheitstechnik (O. PETERS und A. MEYNA)
- Hausinstallationen nach DIN VDE 0100 (J. SIMON und D. SOBACZINSKI)

Das vorgestellte VDE-Jahrbuch endet mit einem Anschriftenverzeichnis nationaler und internationaler Normenorganisationen und einem technischen Stichwortverzeichnis. Es kann auch für DDR-Fachleute als wertvolles Nachschlagewerk für die gültigen Vorschriften der BRD und deren Interpretationen bei der Anfertigung von technischen Weltstandsvergleichen und Standardanalysen dienen.

B 2345 H. KLOUST

Hochintegrierte analoge Schaltungen. Hrsg.: B. HÖFFLINGER und G. ZIMMER. München/Wien: R. Oldenbourg Verlag 1987. 356 Seiten.

Wenn auch die spektakulärsten Fortschritte der hoch- und höchstintegrierten Schaltkreistechnik seit Jahren die digitalen Schaltungen betreffen und immer mehr Aufgaben der Signalverarbeitung digital gelöst werden, so haben doch wesentliche Funktionsgruppen der Analogtechnik, wie Operationsverstärker, AD- und DA-Umsetzer, Filter, nichts an ihrer Bedeutung eingebüßt. Hochintegrierte Analogschaltungen sind u. a. für die Realisierung mikroelektronischer Systeme unerläßlich, die zur Erfassung von Analogsignalen und/oder zur Verarbeitung kleiner Signalpegel geeignet sind.
Aus den Fortschritten der hochintegrierten Digitalschaltungen ergeben sich neue Forderungen an Analogschaltungen, z. B. die hochintegrierte Realisierung analoger und digitaler Schaltungen auf einem Chip sowie die Realisierung analoger Schaltungen in MOS-Technik.
Das Buch befaßt sich mit dieser Problematik. Der Inhalt hat zum Teil seinen Ursprung in Forschungsarbeiten zu MOS-Analogschaltungen am Lehrstuhl Bauelemente der Elektrotechnik der Universität Dortmund sowie in Arbeiten der Universitäten Bochum und Hannover. Die von 14 Autoren verfaßten Beiträge sind in 7 Abschnitten zusammengefaßt.
Im ersten Abschnitt und in zwei Anhängern werden Transistormodelle für Kurzkanal-MOSFET behandelt. Der zweite Abschnitt „MOS-Operationsverstärker für die Großintegration" beinhaltet Einkanal- und CMOS-Schaltungstechniken einschließlich von Betrachtungen zum Verstärkerrauschen, zur Frequenzgangkompensation und zu praktisch realisierten MOS- und CMOS-Schaltungen. Im dritten Abschnitt wird eine relativ neue und wenig bekannte Verstärkergruppe behandelt: dynamische Verstärker für Ladungsübertragungsschaltungen. Sie verwenden die SC-Technik und sind ausschließlich für Abtastsysteme (Ladungsübertragungsschaltungen, SC-Filter, ADU, DAU) konzipiert. Der Arbeitspunkt der Verstärkertransistoren wird innerhalb einer Taktperiode, mit relativ großen Strömen beginnend, bis zum Erreichen der schwachen Inversion verschoben.
Im 4. Abschnitt wird anhand weniger Beispiele gezeigt, wie hochintegrierte AD-Umsetzer in Bipolar- und MOS-Technik realisierbar sind. Betrachtet werden Codecs, Komparatoren, Sukzessiv-Approximations-ADU und schnelle AD-Umsetzer (Video-ADU).
Der 5. umfangreiche Abschnitt gibt eine Einführung zu Schalter-Kondensator-Filtern, vergleicht verschiedene Filterkonzepte und behandelt ausführlich SC-Filter mit Spannungsumkehrschaltern. Filter, die auf dem Prinzip von Ladungsübertragungselementen beruhen, sind im 6. Abschnitt behandelt. Dabei wird auf die physikalischen Grundlagen, Eingangs- und Ausgangsstufen, Bauformen und Grenzen von CCD sowie auf die Analogsignalverarbeitung mit CCD eingegangen.
Im letzten Abschnitt werden anhand theoretischer Betrachtungen die Grenzen der analogen Signalverarbeitung untersucht und

mit denen der digitalen Verarbeitung verglichen.
Wegen der vielfältigen Möglichkeiten ist der Entwurf monolithischer Analogschaltungen anspruchsvoller als früher geworden, weil er u. a. mehr Fachwissen über die Möglichkeiten der Integration erfordert. Das vorliegende Buch trägt dieser Entwicklung Rechnung.

B 2333 M. SEIFART

Lehrbuch der Hochfrequenztechnik. 2. Band: Elektronik und Signalverarbeitung. 3., neubearbeitete und erweiterte Auflage. Von O. ZINKE und H. BRUNSWIG. Hrsg.: O. ZINKE und H. L. HARTNAGEL. Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo: Springer-Verlag 1987. 575 Seiten, 587 Bilder.

Ein in Fachkreisen bekanntes Standardwerk hat eine dritte, neu bearbeitete und wesentlich erweiterte Auflage erfahren. Damit wird der außerordentlich raschen Entwicklung der Halbleiterelektronik in dem Zeitraum von 13 Jahren zwischen beiden Auflagen Rechnung getragen.
Der Schwerpunkt des Werkes liegt auf der Elektronik, d. h. den Bauelementen und ihrer Schaltungstechnik. Entsprechend der Bedeutung der Halbleiterbauelemente nehmen sie den größten Teil des Werkes ein, wobei die für die Funktechnik wichtige GaAs-Technik ausführlich bis zu monolithisch integrierten Schaltungen dargestellt wird. Die Röhrentechnik, die nach wie vor ein bestimmtes Gebiet im Frequenz-Leistungsdiagramm (z. B. Senderöhren in Sendern aller Frequenzbereiche) behauptet, wird in der neuen Auflage auf die aktuellen Anwendungen reduziert.
Von den Grundschaltungen werden vor allem Verstärker in den vielfältigen Anwendungen (auch Maser und optoelektronische Repeater), Oszillatoren und Mischer behandelt. Hervorzuheben ist die geschlossene Behandlung des Quarzes und der entsprechenden Oszillatorschaltungen, wobei auch Fragen der Kurz- und Langzeitstabilität angesprochen werden. Für das Kapitel „Modulation, Tastung, Demodulation", das im wesentlichen die im Titel genannte „Signalverarbeitung" repräsentiert, bleiben nur etwa 80 der 560 Seiten. Entsprechend werden die Grundlagen der Modulationsverfahren und die grundlegenden Realisierungen für sinus- und impulsförmige Träger behandelt. Quadratmodulation und Bandspreizungsverfahren wurden als Einführung mit aufgenommen. Vermißt werden aber moderne Verfahren zur Übertragung digitaler Signale mit kontinuierlicher Phasenmodulation, die Eingang in die Mobilfunktechnik gefunden haben, und die gesamte Problematik der digitalen Signalverarbeitung. So werden hier, wie auch an anderen Stellen des Werkes, bei einer weiteren Auflage neue Abschnitte nötig werden, die wiederum eine Straffung an anderen Kapiteln bedingen.
Das Werk ist zur Weiterbildung und als Nachschlagewerk gleichermaßen geeignet. Es belegt den außerordentlichen Umfang und die Vielfalt der Probleme der modernen Hochfrequenz-Elektronik.

B 2321 CH. WOBUS

Electromagnetic Induction Phenomena. Von D. SCHIEBER. Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo: Springer-Verlag 1986, 296 Seiten, 88 Bilder.

Inhalt des Buches ist die Elektrodynamik bewegter Medien auf der Grundlage der Einstein-Minkowski-Theorie.
Nach einer Einführung in die wichtigsten mathematischen Konzepte der Theorie bewegter Medien werden in weiteren vier Hauptkapiteln speziellere Fragenkomplexe behandelt:

1) Prinzipien elektromagnetischer Wechselwirkungen mit besonderer Berücksichtigung der unipolaren Induktion
2) Wirbelströme und ihre Ausbildung in verschiedenen speziellen Leiteranordnungen bei stationärer Erregung
3) Wirbelströme bei nichtstationärer Erregung, untersucht an vier ausgewählten Beispielen
4) Elektromagnetische Wellen in bewegten Leitern und Nichtleitern.

Dieses von einem Schüler von F. OLLENDORF verfaßte Buch zeichnet sich dadurch aus, daß alle behandelten praktischen Probleme in einen adäquaten mathematischen Rahmen eingeordnet werden, wodurch eine beträchtliche Vereinfachung der mathematischen Modellierung erreicht wird.
Das Buch wendet sich daher vor allem an Studenten elektrotechnischer Fachrichtungen und kann ohne Kenntnis der speziellen Relativitätstheorie verstanden werden.

B 2360 G. WUNSCH

Orthogonalfilter und adaptive Datensignalentzerrung. Von W. RUPPRECHT. München/Wien: R. Oldenbourg Verlag, 1987. 253 Seiten, 100 Bilder.

Die adaptive Entzerrung bzw. Filterung ist bei der Datenübertragung in kommerziellen Nachrichtennetzen oft die Voraussetzung, um hohe Übertragungsgeschwindigkeiten zu erreichen und damit die Übertragungsmedien gut auszunutzen.
Der durch viele Fachpublikationen bekannte Autor behandelt in diesem Werk theoretische Grundlagen der adaptiven Datensignalentzerrung mit Orthogonalfiltern. Der Stoff ist in folgende Hauptabschnitte untergliedert:

1. Echoentzerrer und verwandte Strukturen mit Laufzeitgliedern
2. Theorie allgemeiner Verzweigungsfilter und Orthogonalfilter
3. Aufstellung von Beispielen für Orthogonalfilter
4. Filterung verzerrter und gestörter Digitalsignale im Basisband
5. Adaptive Entzerrung von Basisband-Datensignalen
6. Adaptive Entzerrung frequenzversetzter Datensignale.

In den ersten drei Kapiteln wird der Leser mit der Theorie bzw. Synthese der verwendeten Filterstrukturen vertraut gemacht. Diesem Komplex folgt im Kapitel 4 die Theorie der Basisbandübertragung digitaler Signale mit Grundzügen der Optimierung bei Detektion ohne Gedächtnis. Nach dieser Vorbereitung widmet sich der Verfasser der adaptiven Entzerrung von Basisbandkanälen für verschiedene Optimierungskriterien und Verfahren, zunächst ohne, später mit Berücksichtigung von Störungen. Das letzte Kapitel führt in die Modulationstheorie für Datenübertragung mit sinusförmigen Trägersignalen bei Kanälen mit Bandpaßcharakteristik ein und zeigt, daß die vorher behandelten Methoden der adaptiven Entzerrung prinzipiell in gleicher Weise anwendbar sind.
Abgesehen von den theoretischen Grundlagen, die für Analog- und Digitalrealisierung die gleichen sind, nimmt das Buch auf die Analogrealisierung Bezug, die für hohe Datenraten (noch) Vorteile hat. Nach Ansicht des Rezensenten hätten einige Beispiele bzw. Parameter praktischer Anwendungen das Buch angenehm abgerundet. Der Stoff wird induktiv vermittelt und ist pädagogisch geschickt aufbereitet. Die gut lesbare Darstellung enthält ausführliche Ableitungen.
Viele Literaturhinweise bzw. Quellenangaben erleichtern dem Leser ein tieferes Eindringen in das Gebiet. Das Buch kann für die Weiterbildung auf anspruchsvollem Niveau empfohlen werden. Es stellt eine erfreuliche Bereicherung der nachrichtentechnischen Literatur dar.

B 2363 D. KRESS

Signaturanalyse. Theoretische Grundlagen und Probleme — Ausblick und Anwendungen. Von L. VOELKEL und J. PLIQUETT. Berlin: Akademie-Verlag 1988. 223 Seiten, 26 Bilder. 38,— M.

Unter Signaturanalyse versteht man eine spezielle Methode der Fehlerdiagnose komplexer digitaler Schaltungen, bei der lange Testfolgen, die zur Diagnose zwar nötig sind, aber nur mit hohem Aufwand ausgewertet werden können, durch rückgekoppelte Schieberegister komprimiert werden.
Das Buch umfaßt drei Kapitel. Im ersten werden zunächst die für die theoretischen Untersuchungen benötigten mathematischen Hilfsmittel, vor allem aus der Algebra und der Graphentheorie, zusammengestellt und grundlegende Begriffe und Methoden der Fehlerdiagnose digitaler Schaltungen

erläutert. Im zweiten Kapitel werden theoretische Betrachtungen zu Signaturregistern angestellt, die als lineare Automaten beschrieben werden. Die Resultate dieser Betrachtungen werden in Form von Sätzen bzw. Folgerungen ausgewiesen. Obwohl dieses Kapitel stärker mathematisch orientiert ist, ist es so abgefaßt, daß es auch von einem theoretisch interessierten Ingenieur verstanden werden kann. Von Nutzen für das Verständnis sind Erfahrungen mit Definition, Sätzen und Beweisen sowie Fertigkeiten im Umgang mit Matrizen und Determinanten. Das Kapitel 3 ist den Anwendungen von Signaturregistern gewidmet. Dabei wird neben einer ausführlichen Beschreibung des Einsatzes von Signaturregistern für Kompaktverfahren zur Fehlerdiagnose auch auf andere Anwendungsmöglichkeiten der Signaturanalyse hingewiesen (Testdatenerzeugung, Selbsttest, Datentest). Im Anhang werden einige Programme zur Signaturregistersimulation in der Assemblersprache des Mikroprozessors U880 bzw. Z80 angegeben.
Mit dem Buch ist es den Autoren gelungen, die Ergebnisse zu theoretischen Problemen der Signaturanalyse, die bisher nur als Einzelarbeiten vorlagen, in Form einer ausführlichen, zusammenhängenden Darstellung zu präsentieren. Das Buch vermittelt darüber hinaus einen sehr guten Überblick über die relativ umfangreiche Literatur zur Signaturanalyse. Es kann sowohl dem theoretisch interessierten Leser als auch dem auf dem Gebiet der Fehlerdiagnose arbeitenden Ingenieur als gute Arbeitsgrundlage empfohlen werden.

B 2392 H. J. ZANDER

Numerische Untersuchung nichtlinearer dynamischer Systeme. Von E. KREUZER. Berlin/Heidelberg/New York/London/Paris/Tokyo: Springer-Verlag 1987. 194 Seiten, 47 Bilder, 7 Tafeln.

Nichtlineare dynamische Systeme können ein viel komplizierteres Langzeitverhalten zeigen als etwa die Konvergenz gegen eine stabile Ruhelage bzw. einen stabilen Grenzzyklus oder die periodische Bewegung auf geschlossenen Phasenbahnen. Das erst in jüngster Zeit genauer untersuchte „chaotische" Verhalten, das sich in einer scheinbar regellosen Dynamik äußert, kann schon in Systemen einfacher Struktur, z. B. in Regelkreisen mit statischer Nichtlinearität, auftreten. Daher verdient dieses Phänomen auch das Interesse des Regelungstechnikers.
Bewährte und weiterentwickelte Methoden zur numerisch-simulativen Untersuchung nichtlinearer dynamischer Systeme bilden den Schwerpunkt der vorliegenden Monografie. Solche Methoden sind von beträchtlichem heuristischem Wert, weil sie auf experimentellem Wege Eigenschaften und Erscheinungen aufdecken und zu deren analytischer oder topologischer Bestätigung anregen können. In einem vorbereitenden Kapitel werden mathematische Grundbegriffe und Aussagen aus der geometrisch-topologischen Theorie dynamischer Systeme eingeführt, u. a. der Fluß auf differenzierbaren Mannigfaltigkeiten, die Poincarésche Punktabbildung sowie der Begriff der Grenzmenge.
Die Hamiltonsche Theorie der konservativen Systeme wird behandelt, soweit sie für die numerische Untersuchung von Interesse ist, insbesondere die kanonische Störungstheorie mit Ausblick auf Stabilitätsfragen des Dreikörperproblems. Bei dissipativen Systemen interessieren vor allem das irreguläre Verhalten mit einer als „seltsamer Attraktor" bezeichneten Grenzmenge sowie Verzweigungsphänomene bei Parameteränderungen. Über alle diese Fragen wird ohne Beweis referiert; ausführliche Literaturhinweise regen zu vertieftem Studium an.
Als Näherungsverfahren werden die Störungsrechnung, Mittelungsmethoden sowie die Punktabbildung und die Analyse des Leistungsspektrums beschrieben; Ljapunov-Exponenten und die ggf. auch nicht-ganzzahlige Dimension des Attraktors sind wichtige Kenngrößen. Ausführlich wird die sog. Zellabbildungsmethode nach HSU dargestellt, die mit der Theorie der Markov-Ketten wahrscheinlichkeitstheoretische Mittel heranzieht und sich besonders für die Untersuchung chaotischer Bewegungen eignen soll.
Als einführendes Werk über dynamische Systeme mit irregulärem Verhalten kann das Buch nur mit Vorbehalt empfohlen werden, weil hinsichtlich korrekter Definitionen und Aussagen einige Wünsche offen bleiben.

B 2334 H. L. BURMEISTER

Systeme mit örtlich verteilten Parametern. Eine Einführung in die Modellbildung, Analyse und Regelung. Von D. FRANKE. Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo: Springer-Verlag 1987. 323 Seiten, 103 Bilder.

Zur Theorie von Systemen mit örtlich verteilten Parametern hat sich der Rezensent in einer früheren Besprechung geäußert. (msr Berlin 30 (1987) 10, S. 477). Der Autor des heute zu besprechenden Buches ist gleicher Ansicht: „Die Sprache der Mathematik herrscht vor, geprägt durch abstrakte Begriffsbildungen und Methoden der Funktionalanalysis. Den Nichtspezialisten, der eine elementare Einführung in das Gebiet sucht, erreichen diese Arbeiten kaum. Das vorliegende Lehrbuch, in der Sprache des Ingenieurs geschrieben, möchte dazu beitragen, hier eine Brücke zur klassischen Regelungstechnik zu schlagen". Soweit aus dem Vorwort. Bliebe nur noch hinzuzufügen: die Verwirklichung dieses Anliegens ist dem Autor in hervorragender Weise gelungen! Ein sehr, sehr schönes Lehrbuch liegt vor. Systematisch, didaktisch geschickt, wissenschaftlich sauber und sogar in gewissem Sinne praxisbezogen, so werden in 8 Abschnitten die Probleme der Modellierung, Gewinnung der stationären Lösungen, des dynamischen Verhaltens sowie des Reglerentwurfs im Frequenz- wie auch im Zeitbereich behandelt. Ein neunter Abschnitt behandelt ein Fallbeispiel (Mehrzonen-Durchlaufofen) noch einmal im Detail und praktiziert die Lehrinhalte von Modellierung und Regelung am realen Objekt. Sehr schön ist auch eine abschließende Kommentierung der im Buch verstreut behandelten 50 Beispiele. Natürlich ist die Regelung von Systemen mit verteilten Parametern ein Spezialgebiet, aber für einige wichtige Technologien von hervorragender Bedeutung. Die Ingenieure, die mit solchen Aufgaben befaßt sind, können sich über die hier vorliegende gelungene Einführung sehr freuen.

B 2322 G. BRACK

Flexible Automatisierung der Produktion in Industriezweigen. Von einem Autorenkollektiv. Moskau: Vyšaja škola 1986. 176 Seiten, 61 Bilder, 5 Tafeln.

Die flexible Automatisierung als ein Kernstück der komplexen Automatisierung ermöglicht eine neue Qualität der Gestaltung des gesamten Reproduktionsprozesses. Sie verursacht nicht nur bedeutende, wachsende Effektivitätspotentiale und tiefgreifende soziale Wirkungen sondern auch strukturelle Veränderungen und eine vertiefende Vergesellschaftung von Produktion und Arbeit. Der vorliegende 7. Band in der Serie „Robotertechnik und flexible Automatisierung der Produktion", der als Lehrbuch für Studenten technischer Fachrichtungen vom sowjetischen Hochschulministerium zugelassen wurde, betrachtet Struktur und Funktion von robotertechnischen Komplexen und flexibler Automatisierung in verschiedenen Industriezweigen. Ausgewählt werden die Industriezweige Maschinenbau, Mikroelektronik, wissenschaftlicher Gerätebau. Dabei werden Grundfragen der Konzipierung, der Entwicklung und Einführung sowie des Betriebs derartiger Systeme behandelt. Untersucht wird auch die technisch-ökonomische und organisatorische Effektivität der flexiblen Automatisierung der Produktion. Die beim Einsatz in verschiedenen Industriezweigen der UdSSR gesammelten Erfahrungen versuchen die Autoren in Form von Typisierungen und Vereinheitlichungen zu verallgemeinern. Abschließend stellt das Autorenkollektiv am Beispiel des Maschinenbaus die Fabrik der Zukunft vor.

B 2353 J.-A. MÜLLER

System Identification: Theory for the User. Von L. LJUNG. Englewood Cliffs/New Jersey/USA: Prentice Hall Inc. 1987. 519 Seiten.

Identifikation, die Ermittlung von mathematischen Modellen auf der Grundlage gemessener Daten, bildet die Voraussetzung zur Lösung zahlreicher Probleme in Naturwissenschaft und Technik. Seit mehr als 20 Jahren ist sie ein internationaler Forschungsschwerpunkt. Dementsprechend groß sind die Anzahl der Veröffentlichungen und die Vielfalt der Identifikationsmethoden. Der Autor, der die Entwicklung maßgeblich beeinflußt hat, vermittelt mit diesem Buch ein theoretisches Grundgerüst, das Ordnung und Überschaubarkeit in die z. T. verwirrende Fülle bringt. Die Theorie wird auf die Aspekte konzentriert, die direkte Konsequenzen für das Verständnis und die aktive Anwendung von Identifikationsmethoden haben.

Das Buch gliedert sich in 3 Hauptteile. Im ersten Teil werden die Voraussetzungen für die Identifikation, die zeitdiskreten Beschreibungen von Signalen, Störungen, linearen, nichtlinearen, parametrischen, nichtparametrischen zeitvarianten Systemen, Systemen mit verteilten Parametern und von Modellstrukturen, einschließlich Aussagen über deren Identifizierbarkeit, erläutert. Die Methoden der Identifikation zeitdiskreter dynamischer Systeme sowie die ausführliche Untersuchung von Konvergenz, Konsistenz und asymptotischer Verteilung der Parameterschätzungen schließen sich im 2. Teil an. Besonders hervorzuheben ist dabei, daß die Schätzverfahren auf 2 wesentliche Grundideen, den Prädiktionsfehleransatz (Methode der kleinsten Quadrate, Maximum-Likelihood-Schätzung, Maximum-a-posteriori-Schätzung) und den Korrelationsansatz (Hilfsvariablenmethoden u. a.), zurückgeführt werden. Auch die numerischen Verfahren zur Minimierung des Identifikationskriteriums werden ebenso wie die rekursiven Schätzverfahren (Prädiktionsfehler-, Hilfsvariablenmethode, pseudolineare Regression) auf wenige Basismethoden reduziert.

Im Mittelpunkt des 3. Teiles stehen praktische Gesichtspunkte der Anwendung von Identifikationsverfahren. Theoretisch untermauert wird gezeigt, wie die Entwurfsvariablen der Identifikationsverfahren, Experimentgestaltung (Eingangssignale, Abtastintervall, Datenumfang usw.), Gütekriterien (optimal und robust), optimale Hilfsvariablen, Modellstruktur, zu wählen sind und wie das Modell zu validieren ist. An einem Laborprozeß wird die Vorgehensweise mit dem Programmpaket IDPAC demonstriert.

Das Buch zeichnet sich durch korrekte theoretische Fundierung von Verfahren und experimenteller Arbeit aus, wobei es dem Autor in hervorragender Weise gelingt, relevante Grundideen herauszuarbeiten. Trotzdem ist der Text gut lesbar. Ausführlichere Beweise werden in Kapitelanhänge verlegt, Abschnitte, die beim ersten Lesen übersprungen werden können, gekennzeichnet; jedes Kapitel ist mit instruktiver Einleitung und Zusammenfassung versehen. Den Kapiteln sind Probleme und Aufgaben zugeordnet, die die intensive Auseinandersetzung unterstützen. Leider sind die Lösungen jedoch in einem getrennten Band erschienen.

Das Buch ermöglicht dem wissenschaftlichen Nachwuchs den Einstieg in das Gebiet, fördert die Systematisierung bereits vorhandenen Wissens und erlaubt den kreativen und problemangepaßten Einsatz der Verfahren. 450 Literaturstellen, die kapitelweise kommentiert werden, leisten dabei gute Dienste. Das Buch ist ein wesentlicher Beitrag zur Vereinheitlichung der bisher recht heterogenen Theorie der Identifikation!

J. WEDE

Prozeßrechensysteme '88. Automatisierungstechnik, Leittechnik, Informations- und Kommunikationstechnik. Stuttgart, 2.—4. März 1988. Proceedings. Herausgegeben von R. LAUBER. Berlin/Heidelberg/New York/London/Paris/Tokyo: Springer-Verlag 1988. 799 Seiten.

Der Band 167 der Informatik-Fachberichte enthält die Abdrucke der 63 Vorträge, die Gegenstand der Fachtagung Prozeßrechnersysteme '88 waren. Der Wandel in der Automatisierungstechnik prägte das thematische Profil der Tagung, das durch folgende Vortragskomplexe gekennzeichnet war: Systemstrukturen und Kommunikation, Systemtechnische Lösungen, Informationsübermittlung zwischen Mensch und Prozeßrechnersystem, Ingenieurtechnische Abwicklung, Rechnergestützte Werkzeuge und Verfahren, Zuverlässigkeit und Sicherheit. Besondere Schwerpunkte bilden dabei die Beiträge zur Datenkommunikation in verteilten Systemen, zum Problem der Softwareentwicklungsumgebung sowie zu wissensbasierten Systemen und Expertensystemen. Aus vielen Beiträgen ist ein erfreuliches Bemühen um Praxisnähe erkennbar, wodurch der Einzug moderner Entwicklungen in die industrielle Anwendung spürbar gefördert wird.

Insgesamt bietet der Fachbericht 167 einen vorzüglichen Einblick in die modernen Mittel und Methoden der Automatisierung mit Mikrorechnern und speicherprogrammierbaren Steuerungen, in die moderne Art der Softwareentwicklung und der Mensch-Maschine-Kommunikation sowie in die neuen Möglichkeiten, die wissensbasierte Systeme bieten. Das Studium der Beiträge ist allen mit der Entwicklung und Anwendung moderner Automatisierungsmittel konfrontierten Fachkollegen zu empfehlen.

B 2397 H. TÖPFER

Abonnement 1990

Hinweis für unsere ausländischen Leser

Bitte erneuern Sie rechtzeitig Ihr Abonnement für die Fachzeitschrift „messen · steuern · regeln", damit Sie sich für 1990 wieder den Bezug aller Ausgaben sichern.
Wir freuen uns, daß Sie auch weiterhin zu den regelmäßigen Lesern unserer Publikation gehören.

Не забудьте заблаговременно продлить подписку на журнал „messen · steuern · regeln" на 1990 год, чтобы исключить перебои в получении всех номеров журнала в течение всего года.
Мы рады, что Вы и далъше будете регулярными читателями нашей публикации.

Please renew your subscription to the journal „messen · steuern · regeln" in time, in order to provide again the delivery of all issues of the 1990 volume.
We are glad, that you will belong to the readers of our periodical in future, too.

Nous vous prions de renouveler à temps l'abonnement à votre périodique professional „messen · steuern · regeln" pour s'assurer de la réception de toutes les éditions en 1990.
Nous réjouissons, que vous seriez encore notre lecteur.

Kurzfassungen

HÖHNE, L.; MORGENSTERN, C.:

Anwendung von Methoden der Objekterkennung für die Qualitätssicherung in flexibel automatisierten Fertigungen

msr, Berlin 32 (1989) 8, S. 338—342

Die Realisierung rechnergestützter Qualitätssicherungssysteme in der flexibel automatisierten Fertigung erfordert ein geeignetes, ingenieurmäßig aufbereitetes methodisches Instrumentarium und die Entwicklung entsprechender Systemsoftware. Im Unterschied zu klassischen Methoden der statistischen Qualitätskontrolle sind Objekterkennungsmethoden zur Prognose der Qualitätsmerkmale und Zuverlässigkeitskenngrößen einzelner Erzeugnisse geeignet. Es wird der Aufbau eines Kontroll-Prognose-Systems dargestellt und die Anwendung an einem praktischen Beispiel erläutert.

BIERMANN, A.; WOLF, H.:

Aufbau eines Programms zur Prüfung von Steuereinrichtungen

msr, Berlin 32 (1989) 8, S. 343—345

Das Programmsystem „SPAS" der TH Leipzig zur Entwicklung und Zertifikation von Software für speicherprogrammierbare Binärsteuereinrichtungen enthält einen Programmteil „Prüfungen". Dieser Programmteil gestattet das Prüfen eingegebener Aufgabenstellungen auf Stabilität, starken Zusammenhang und Erreichbarkeit sowie das Generieren von Prüffolgelisten, mit denen gefertigte Binärsteuereinrichtungen auf aufgabengerechte Funktion geprüft werden können.

LANGE, B.:

Simulation von Prozeßabläufen am PC zum Test von Steuerungen

msr, Berlin 32 (1989) 8, S. 345—347

Die Erprobung freiprogrammierbarer Steuerungen ist nicht immer vor Ort möglich. Deshalb ist es wünschenswert, ein Steuerungsprogramm vor Inbetriebnahme zu überprüfen. Der Beitrag beschreibt ein Programm für Personal-Computer, das es erlaubt, einen Prozeßablauf grafisch darzustellen und dessen Funktionsweise zu simulieren. Die Steuerung kann entweder am Rechner angeschlossen werden oder durch ein zweites Programm ebenfalls simuliert werden.

GEBHARDT, H.; MÜLLER, K.:

Computersystem zum Entwurf und zur Simulation digitaler Regelungen für mechanische Systeme

msr, Berlin 32 (1989) 8, S. 347—350, 359

Die meßtechnische Erfassung des Verhaltens von Industrierobotern im Achskoordinatenraum erfordert die On-line-Verarbeitung großer Datenmengen. Das ist nur mit problemangepaßter Rechentechnik möglich. Es werden die Hard- und Software eines solchen Experimentalrechners und seine Einbindung in ein Simulations- und Modellierungsprogrammsystem beschrieben. Am Beispiel des Farbspritzroboters IFA-TR10 sind einige Anwendungsmöglichkeiten dargestellt.

KOŠTURIAK, J.; GREGOR, M.:

Neue Prinzipien in der FFS-Modellierung und -Simulation

msr, Berlin 32 (1989) 8, S. 353—356

Im Beitrag werden neue Prinzipien in der FFS-Simulation vorgestellt, die am Lehrstuhl Steuerung technologischer Prozesse der Hochschule für Verkehrs- und Nachrichtenwesen in Žilina (ČSSR) entwickelt werden. Im ersten Teil werden Petri-Netze als Werkzeug für die FFS-Modellierung und -Simulation präsentiert. Der zweite Teil bietet Grundlagen der Simulation mit Steuerungsprinzipien.

ROTHE, L.:

Rezeptive Sensorkomponenten für den Spektralbereich der Mikro- und Millimeterwellen

msr, Berlin 32 (1989) 8, S. 356—360

Aufgrund der physikalischen Eigenschaften elektromagnetischer Wellen des Mikro- und Millimeterwellenspektrums ist ein wachsender Entwicklungstrend zur spezifischen Nutzung dieser Spektralbereiche in der Sensortechnik zu beobachten. In diesem Zusammenhang sowie auch unter technologischen Aspekten gewinnen in zunehmendem Maße planare Funktionskomponenten an Bedeutung. Unter Bezugnahme auf die Perspektiven des Höchstfrequenzbereiches für den Sektor der berührungslosen Meßtechnik werden die mathematisch-physikalischen Besonderheiten planarer Sensorkomponenten diskutiert.

Резюме

HÖHNE, L.; MORGENSTERN, C.:

Применение методов распознавания объекта для обеспечения качества в гибких автоматизированных производствах

msr, Berlin 32 (1989) 8, стр. 338—342

Реализация систем обеспечения качества при помощи вычислительных машин в области гибкого автоматизированного производства требует совокупности подходящих инженерно подготовленных методических инстументов, а также и разработки соответствующего системного математического обеспечения. В различие от классических методов статистического контроля качества угодны методы распознавания объекта для прогноза свойств качества, а также и показатели надежности отдельных изделий. Изображено построение контрольно-прогнозной системы н пояснено применение на практическом примере.

BIERMANN, A.; WOLF, H.:

Построение программы для испытания устройств управления

msr, Berlin 32 (1989) 8, стр. 343—345

Программная система „СПАС" Лейпцигского технического вуза для разработки и сертификации математического обеспечеиия программируемых двоичных управляющих устройств содержит часть программы „испытания". Данная часть программы позволяет испытание вводимых заданий на устойчивость, сильную связь и достигаемость, а также генерирование перечней последовательиости испытаний, при помощи которых изготовленные двоичные управляющие устройства могут быть испытаны на функции в соответствии с задачей.

LANGE, B.:

Моделирование процессов на персональных компютерах для испытания управлений

msr, Berlin 32 (1989) 8, стр. 345—347

Испытание свободнопрограммируемых управлений в полевых условиях не всегда возможно. Поэтому желательно проверить программу управления перед пуском в эксплуатацию. В статье описана программа для персональных компютеров, позволяющая графическое изображение процесса и моделирование его функции. Возможно соединение управления или с вычислительной машиной, или моделирование путем второй программы.

GEBHARDT, H.; MÜLLER, K.:

Компьютерная система для разработки и моделирования цифровых регулирований для механических систем

msr, Berlin 32 (1989) 8, стр. 347—350, 359

Измерительно-технический сбор поведеиия промышленных роботов в осевом координатном пространстве требует обработки большого количества данных в режиме „он-лайн". Возможно это только при помощи вычислительной техники, приспособленной к соответствующим проблемам. Описаны аппаратурное и математическое обеспечение такого экспернментального вычислителя и его включение в программную систему моделирования и имитации. На примере робота-краскораспылителя типа ИФА-ТР10 изображен ряд возможностей применения.

KOŠTURIAK, J.; GREGOR, M.:

Новые принципы моделирования и имитации ФФС

msr, Berlin 32 (1989) 8, стр. 353—356

В статье представлены новые принципы имитации ФФС, разработанные кафедром управления технологическими процессами вуза по транспорту и связи в г. Жилине/ЧССР. В первой части показаны сети ПЕТРИ как инструмент для моделирования и имитации ФФС. Вторая часть содержит основы имитации с принципами управления.

ROTHE, L.:

Компоненты рецептивных сенсоров (датчиков) для спектрального диапазона микро- и миллиметровых волн

msr, Berlin 32 (1989) 8, стр. 356—360

На основе физических свойств электромагнитных волн микро- и миллиметрового спектра наблюдается растущая тенденция развития для специфического использования этих спектральных диапазонов в области сенсорной техники. В этой связи, а также с учетом технологических аспектов в возрастающей мере планарные функциональные компонеиты приобретают значеиие. Ссылаясь на перспективы высокочастотного диапазона для сектора бесконтактной измерительной техники обсуждены математически-физические особенности планарных сенсорных компонентов.

Summaries

HÖHNE, L.; MORGENSTERN, C.:

Application of Object Recognition Methods for Quality Securing in Flexible Automated Manufacturing

msr, Berlin 32 (1989) 8, pp. 338—342

The realization of computer-aided quality securing systems in flexible automated manufacturing requires suited methodical tools for the design engineer as well as the development of corresponding system software. In contrast to classical methods of statistical quality supervision, the object recognition methods are suited for prognostication of quality and reliability parameters of individual products. The authors deal with the structure of a supervising and prognosticating system and its application to a practical example.

BIERMANN, A.; WOLF, H.:

Program for Testing Binary Control Devices

msr, Berlin 32 (1989) 8, pp. 343—345

The program system SPAS of the Leipzig College of Technology which supports development and test of software for programmable binary controls contains a program part "tests". The latter allows the test of input problem statements as to stability, strong connectedness and accessibility as well as the generation of test sequence lists by which the produced binary control devices can be proved as to a problem-satisfying functioning.

LANGE, B.:

Simulation of Process Events for the Test of Binary Controls

msr, Berlin 32 (1989) 8, pp. 345—347

The test of programmable binary controls isn't always possible in the site. Therefore it is desirable to verify the control program before putting it into operation. The author describes a personal computer program allowing the engineer to represent the process events graphically and to simulate the process functioning. The control can be both connected to the computer and simulated by an other program.

GEBHARDT, H.; MÜLLER, K.:

Computer Configuration for Design and Simulation of Digital Feedback Controls for Mechanical Systems

msr, Berlin 32 (1989) 8, pp. 347—350, 359

The industrial robot behavior determination by measurement data acquisition in the axis coordinate space requires the on-line processing of a large amount of data which has proved to be possible only by problem-adapted computing means. The authors describe the hardware and software of such an experimental computer as well as its integration into a simulation and modelling program system. By means of the example of the spray painting robot IFA-TR10 some possibilities for use are presented.

KOŠTURIAK, J.; GREGOR, M.:

New Principles in Modelling and Simulation of Flexible Manufacturing Systems

msr, Berlin 32 (1989) 8, pp. 353—356

The authors present new principles developed in the Žilina College of Transport and Communications (Czechoslovakia) for the simulation of flexible manufacturing systems. In the first part of the contribution Petri nets as tools for modelling and simulation are presented, the second part dealing with fundamentals of simulation and control principles.

ROTHE, L.:

Receptive Sensor Components for the Spectral Domain of Microwaves and Millimeter Waves

msr, Berlin 32 (1989) 8, pp. 356—360

Due to the physical properties of electromagnetic waves in the microwave and millimeter wave spectrum, an increasing trend for specific utilization of these spectral ranges can be stated. In this connection as well as with regard to technological aspects planar functional components are becoming more and more important. In view of the perspectives of the very high frequency domain as to the field of contactless measurement, the author discusses the mathematical-physical particularities of planar sensor components.

Résumés

HÖHNE, L.; MORGENSTERN, C.:

Emploi des méthodes de reconnaissance des objets pour assurer la qualité dans la fabrication automatisée flexible

msr, Berlin 32 (1989) 8, pp. 338—342

La réalisation des systèmes d'assurance de qualité dans la fabrication automatisée flexible exige des aptes outils méthodiques pour l'ingénieur ainsi que le développement d'un correspondant logiciel de système. Contrairement à des méthodes du contrôle statistique de qualité, les méthodes de reconnaissance des objets sont aptes à la prognose des paramètres de qualité et de fiabilité des individuels produits. Les auteurs traitent la structure d'un système de contrôle et de prognose ainsi que son emploi dans un exemple pratique.

BIERMANN, A.; WOLF, H.:

Programme pour le test des dispositifs de commande

msr, Berlin 32 (1989) 8, pp. 343—345

Le système de programmes SPAS de l'école supérieure technique de Leipzig qui support le développement et le test du logiciel pour les dispositifs de commande binaire programmables contient une partie de programme "tests". Elle permet d'éprouver des problèmes formulés quant à la stabilité, connexité forte et accessibilité ainsi que d'engendrer des listes de séquence de test par lesquelles les dispositifs de commande binaire produits peuvent être testés en vue d'un fonctionnement satisfaisant le problème.

LANGE, B.:

Simulation des événements de processus à l'aide de l'ordinateur personnel pour le test de commandes

msr, Berlin 32 (1989) 8, pp. 345—347

Le test des commandes binaires programmables n'est pas toujours possible au site. C'est pourquoi, il est désirable d'éprouver le programme de commande avant la mise en marche. L'auteur décrit un programme destiné à l'ordinateur personnel et permettant de représenter graphiquement les événements de processus et de simuler le fonctionnement de processus. La commande peut être et connectée à l'ordinateur et simulée par un autre programme.

GEBHARDT, H.; MÜLLER, K.:

Configuration d'ordinateur destinée à la conception et simulation de régulations numériques pour les systèmes mécaniques

msr, Berlin 32 (1989) 8, pp. 347—350, 359

La détermination du comportement des robots industriels par l'acquisition des données de mesure en espace des coordonnées d'axes exige le traitement en ligne d'un grand nombre de données ce qui n'est possible que par des moyens de calcul adaptés au problème. Les auteurs décrivent le matériel et le logiciel d'un tel ordinateur expérimental ainsi que son intégration dans un système de programme pour la simulation et la modélisation. A l'aide du robot à peinture au pistolet IFA-TR10, on représente quelques possibilités d'emploi.

KOŠTURIAK, J.; GREGOR, M.:

Nouveaux principes de la modélisation et simulation des systèmes de fabrication flexibles

msr, Berlin 32 (1989) 8, pp. 353—356

Les auteurs présentent de nouveaux principes développés à l'école supérieure des transports et communications de Žilina (Tchécoslovaquie) pour la simulation des systèmes de fabrication flexibles. Dans la première partie de la contribution, les réseaux de Petri sont présentés comme outil pour la modélisation et la simulation, la deuxième partie traitant les fondements de la simulation et les principes de commande.

ROTHE, L.:

Composants de capteur réceptifs pour la gamme spectrale des micro-ondes et ondes millimétriques

msr, Berlin 32 (1989) 8, pp. 356—360

A cause des caractéristiques physiques des ondes électromagnétiques en gamme du spectre des micro-ondes et ondes millimétriques, on peut constater une tendance accroissante pour l'utilisation spécifique de ces domaines spectraux dans la technique de capteur. A cet égard et sous des aspects technologiques, les composants fonctionnels planaires deviennent de plus en plus importants. Par rapport aux perspectives du domaine des très hautes fréquences pour le champ de la mesure sans contact, l'auteur discute les particularités mathématiques-physiques des composants de capteur planaires.

Neue Bücher aus der UdSSR

Hierbei handelt es sich um neue Titel aus der UdSSR, die dem sowjetischen Neuerscheinungsdienst „Novye knigi" entnommen sind. Die Bücher können über den Volksbuchhandel bestellt werden.

[1] SLAVIN, R.: Avtomatizacija processov v životnovodstve i ptičevodstve (Automatisierung der Prozesse in der Tier- und Geflügelproduktion). Agropromizdat. 2. Quart. 1990. NK 89-03 (37)

[2] SMIRNOV, S.; VOROPAEV, V.; KOZLOV, V.: Avtomatizacija sistemy upravlenija meliorativnym stroitel'stvom (Automatisierte Systeme zur Steuerung des Meliorationsbauwesens). Agropromizdat. 1. Quart. 1990. NK 89-03 (96)

[3] GANKIN, M.: Kompleksnaja avtomatizacija i ASUTP vodochozjajstvennych sistem (Komplexe Automatisierung und automatisierte Systeme der Steuerung von Wasserwirtschaftssystemen). Agropromizdat. 2. Quart. 1990. NK 89-03 (229).

[4] VEDENOV, A.: Modelirovanie elementov myšlenija (Modellierung von Elementen des Denkens). Nauka. 2. Quart. 1990. NK 89-06 (385).

[5] Volnovaja teorija katastrof (Wellentheorie der Katastrophen). Nauka. 4. Quart. 1990. NK 89-06 (388).

[6] Vyčislitel'nye processy i sistemy. (Rechentechnische Prozesse und Systeme). Nauka.
Ausg. 1: 1. Quart. 1990. NK 89-06 (391)
Ausg. 2: 2. Quart. 1990. NK 89-06 (390).

[7] IL'IN, V.: Intellektual'naja sistema programmirovanija (Intellektuelles Programmiersystem). Nauka. 2. Quart. 1990. NK 89-06 (406).

[8] MIKAELJAN, A.: Optičeskie metody v informatike: fizičeskie osnovy i priloženija k problemam zapisi (Optische Methoden in der Informatik: physikalische Grundlagen und Anwendungen zum Schreiben von Informationen). Nauka. 4. Quart. 1990. NK 89-06 (423).

[9] BEČER, CH.; EPPERLAJN, I.; EL'COV, A.: Sovremennye sistemy zapisi informacii (Moderne Informationsaufzeichnungssysteme). Chimija. 3. Quart. 1990. NK 89-07 (199).

[10] Razrabotka SAPR (Entwicklung von CAD). Vyšš. škola
Kn. 1: Problemy i principy sozdanija SAPR (Band 1: Probleme und Prinzipien der Entwicklung von CAD-Systemen). 1. Quart. 1990. NK 89-09 (15)
Kn. 2: Sistemotechničeskie zadači sozdanija SAPR (Band 2: Systemtechnische Aufgaben der CAD-Entwicklung). 1. Quart. 1990. NK 89-09 (16).
Kn. 3: Proektirovanie programmnogo obespečenija SAPR (Band 3: Entwicklung der Software für CAD-Systeme). 1. Quart. 1990. NK 89-09 (17)
Kn. 4: Proektirovanie baz dannych SAPR (Band 4: Entwicklung der Datenbank für CAD-Systeme). 1. Quart. 1990. NK 89-09 (18)
Kn. 5: Organizacija dialoga v SAPR (Band 5: Organisation des Dialogs in CAD-Systemen). 1. Quart. 1990. NK 89-09 (18a).
Kn. 6: Vybor sostava programmno-techničeskogo kompleksa SAPR (Band 6: Auswahl der Soft- und Hardwarebestandteile für CAD-Systeme). 1. Quart. 1990. NK 89-09 (19)
Kn. 7: Grafičeskie sistemy SAPR (Band 7: Graphische Systeme in CAD-Systemen). 2. Quart. 1990. NK 89-09 (20)
Kn. 8: Matematičeskie metody analiza proizvoditel'nosti i nadežnosti SAPR (Band 8: Mathematische Methoden der Analyse der Produktivität und Zuverlässigkeit von CAD-Systemen). 2. Quart. 1990. NK 89-09 (21)
Kn. 9: Imitacionnoe modelirovanie (Band 9: Simulation). 2. Quart. 1990. NK 89-09 (22)
Kn. 10: Labaratornyj praktikum na baze učebno-issledovatel'skoj SAPR (Band 10): Laborpraktikum auf der Grundlage eines Lehr/Forschungs-CAD-Systems). 2. Quart. 1990. NK 89-09 (23).

[11] Organizacija vzaimodejstvija čeloveka s techničeskimi sredstvami ASU (Organisation der Wechselwirkung des Menschen mit technischen Mitteln in automatisierten Steuerungssystemen). Vyšš. škola.
Kn. 1: Inženerno-psichologičeskoe proektirovanie vzaimodejstvija celoveka s techničeskimi sredstvami (Band 1: Ingenieurpsychologische Projektierung der Wechselwirkung des Menschen mit technischen Mitteln). 4. Quart. 1990. NK 89-09 (25)
Kn. 2: Jazykovye sredstva dialoga čeloveka s EVM (Band 2: Sprachliche Mittel des Mensch-EDV-Dialogs). 4. Quart. 1990. NK 89-09 (26)
Kn. 3: Techničeskie sredstva vvoda-vyvoda grafičeskoj informacii (Band 3: Technische Mittel zur graphischen Ein- und Ausgabe von Information). 4. Quart. 1990. NK 89-09 (27)
Kn. 4: Otobraženie informacii (Band 4: Informationsabbildung). 4. Quart. 1990. NK 89-09 (28)
Kn. 5: Abonentskie sistemy teleobrabotki dannych (Band 5: Abonnentensysteme zur Datenfernverarbeitung). 4. Quart. 1900. NK 89-09 (29)
Kn 6: Personal'nye informacionnye sistemy i displejnye kompleksy (Band 6: Personalinformationssysteme und Displaykomplexe). 4. Quart. 1990. NK 89-09 (30)
Kn 7: Sistemnoe proektirovanie vzaimodejstvija čeloveka s techničeskimi sredstvami (Band 7: Systemprojektierung der Wechselwirkung von Mensch und technischen Mitteln). 4. Quart. 1990. NK 89-09 (31).

[12] ALEKSEEV, V.; VAULIN, A.; PETROVA, G.: Vyčislitel'naja technika i programmirovanie (Rechentechnik und Programmierung). Vyšš. škola. 2. Quart. 1990. NK 89-09 (140).

[13] Vyčislitel'naja technika i programmirovanie (Rechentechnik und Programmierung). Vyšš. škola. 2. Quart. 1990. NK 89-09 (158).

[14] NORENKOV, I.; MANIČEV, V.: Osnovy teorii i proektirovanija SAPR (Grundlagen der Theorie und Projektierung von CAD-Systemen). Vyšš.škola. 1. Quart. 1990. NK 89-09 (194).

[15] PEREGUDOV. F.; TARASENKO, F.: Osnovy sistemnogo analiza (Grundlagen der Systemanalyse). Vyšš.škola. 3. Quart. 1990. NK 89-09 (199).

[16] POPOV, E.; PIS'MENNYJ, G.: Osnovy robototechniki (Grundlagen der Robotertechnik). Vyšš.škola. 2. Quart. 1990. NK 89-09 (200).

[17] Programmirovanie mikroprocessornych sistem (Programmierung von Mikroprozessorsystemen). Finansy i statistika. 1. Quart. 1990. NK 89-09 (203).

[18] Metodika prepodavanija kursa „Osnovy avtomatizacii" (Methodik zur Ausbildung im Lehrgebiet „Grundlagen der Automatisierung"). Vyšš.škola. 4. Quart. 1990. NK 89-10 (87).

[19] Avtomatizacija processov mašinostroenija (Automatisierung der Prozesse im Maschinenbau). Vyšš.škola. 4. Quart. 1990. NK 89-10 (214).

Impressum

messen · steuern · regeln

Herausgeber: Kammer der Technik, Wissenschaftlich-Technische Gesellschaft für Meß- und Automatisierungstechnik (WGMA)

Verlag: VEB Verlag Technik, Oranienburger Str. 13/14, PSF 201, Berlin, DDR-1020, Telegrammadresse: Technikverlag Berlin; Telefon 2 87 00; Telex: 011 222 8 techn dd

Verlagsdirektor: Dipl.-Ing. KLAUS HIERONIMUS

Redaktion: Dr.-Ing. DIETRICH WERNER, Verantwortlicher Redakteur (Telefon: 2 87 03 62)
Dr.-Ing. JÜRGEN WEDE, Redakteur (Telefon: 2 87 03 74)

Gestaltung: VERONIKA BECKER

Lizenz-Nr.: 1112 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der Deutschen Demokratischen Republik

AN (EDV): 15 936

Erscheinungsweise: monatlich 1 Heft

Heftpreis: 4,— M, Abonnementpreis vierteljährlich 12,— M; Auslandspreise sind den Zeitschriftenkatalogen des Außenhandelsbetriebs BUCHEXPORT zu entnehmen.

Gesamtherstellung: VEB Druckerei „Thomas Müntzer", Bad Langensalza, 5820

Anzeigenannahme: Für Bevölkerungsanzeigen alle Anzeigen-Annahmestellen in der DDR, für Wirtschaftsanzeigen der VEB Verlag Technik, Oranienburger Str. 13/14, PSF 201, Berlin, 1020. Anzeigenpreisliste Nr. 7; Auslandsanzeigen: Interwerbung GmbH, Hermann-Duncker-Str. 89, Berlin, DDR-1157

Rechtsvorbehalt: Nachdrucke, Übersetzungen sowie Vervielfältigung jeglicher Art von vollständigen oder auszugsweisen Text- oder Bildbeiträgen bedürfen der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Verlages. Referate, Besprechungen und genehmigte Vervielfältigungen sind nur mit genauer Quellenangabe zulässig. Erfüllungsort ist der Sitz des Verlages in Berlin-Mitte.

Bezugsmöglichkeiten:

DDR: sämtliche Postämter

SVR Albanien: Direktorije Quendrore e Perhapjes dhe Propaganditit te Librit Bruga Konference e Pezes, Tirana

VR Bulgarien: Direkzia R.E.P., 11a, Rue Paris, Sofia

VR China: China National Publications Import and Export Corporation, West Europe Department, P.O. Box 88, Beijing

ČSSR: PNS — Ústřední Expedicia a Dovoz Tisku Praha, Slezska 11, 12000 Praha 2; PNS, Ústredná Expedicia a Dovoz Tlače, Posta 002 885 47 Bratislava

SFR Jugolawien: Jugoslovenska Knjiga, Terazije 27, Beograd; Izdavačko Knjižarako Produzeče MLADOST, Ilica 30, Zagreb

Koreanische DVR: CHULPANMUL Korea Publications Export & Import Corporation, Pyongyang

Republik Kuba: Empresa de Comercio Exterior de Publicaciones, O'Reilly No. 407, Ciudad Habana

VR Polen: C. K. P. i. W. Ruch, Towarowa 28, 00-958 Warszawa

SR Rumänien: D.E.P. Bukureşti, Piaţa Scienteii, Bukureşti

Ungarische VR: P.K.H.I., Külföldi Elöfizetési Osztály, P.O. Box 16, 1426 Budapest

UdSSR: Städtische Abteilungen von Sojuzpečat oder Postämter und Postkontore

SR Vietnam: XUNHASABA, 32, Hai Ba Trung, Hanoi

BRD und Berlin (West): ESKABE Kommissions-Grossobuchhandlung, Postfach 36, 8222 Ruhpolding/Obb.; Helios Literatur-Vertriebs-GmbH, Eichborndamm 141—167, Berlin (West) 52; Kunst und Wissen Erich Bieber OHG, Postfach 46, 7000 Stuttgart 1; Gebrüder Petermann, BUCH + ZEITUNG INTERNATIONAL, Kurfürstenstraße 111, Berlin (West) 30

Österreich: Helios Literatur-Vertriebs-GmbH & Co. KG, Industriestraße B 13, A-2345 Brunn am Gebirge

Schweiz: Verlagsauslieferung Wissenschaft der Freihofer AG, Weinbergstraße 109, 8033 Zürich

Alle anderen Länder: örtlicher Buchhandel; BUCHEXPORT Volkseigener Außenhandelsbetrieb der Deutschen Demokratischen Republik, Postfach 160, Leipzig, DDR-7010 und Leipzig Book Service, Talstraße 29, Leipzig, DDR-7010.

Abnahmebedingungen:

Die Redaktion veröffentlicht nur Originalbeiträge. Für Nachdrucke, Übersetzungen oder Vervielfältigungen jeglicher Art gilt der Rechtsvorbehalt. Die Redaktion behält sich Änderungsvorschläge bei der Beitragsbearbeitung vor. Die Beiträge müssen generell mit einer Veröffentlichungsfreigabe des Betriebes oder der Institution der Autoren versehen sein.

Bei der Anfertigung von Beiträgen sind unbedingt die Manuskripthinweise zu beachten. Diese sind dem Heft 1/1989, S. 45, zu entnehmen bzw. werden von der Redaktion auf Anfrage zugesandt. Die Einhaltung der Manuskripthinweise bildet die Voraussetzung für eine zügige und sachgerechte Beitragsbearbeitung.

1. Berliner Automatisierungskolloquium

Am 18. Oktober 1989 findet um 10.30 Uhr in der

Fachschule für Bekleidungstechnik
Warschauer Platz 6—8
Berlin, 1017
(nahe dem S-Bhf. Warschauer Straße)

das 1. Berliner Automatisierungskolloquium statt. Tragende Einrichtungen sind die WGMA in der KDT, das Institut für Automatisierung der AdW der DDR und die Ingenieurhochschule Berlin.
Mit dem Institut für Automatisierung der AdW der DDR und der Sektion Produktionsautomatisierung der IHS Berlin stellen sich die beiden 1988 gegründeten Berliner wissenschaftlichen Einrichtungen im Fachgebiet mit Beiträgen zur Automatisierung vor.
Für die Zukunft ist das Berliner Automatisierungskolloquium als lose Folge praxisorientierter wissenschaftlicher Veranstaltungen zur Automatisierung geplant.
Der Eintritt ist frei.
Rückmeldungen werden erbeten an:

Akademie der Wissenschaften der DDR
Institut für Automatisierung
Frau Dr. HARTKE
Rudower Chaussee 5
Berlin
1199
Tel.: 6 74 48 64.

7. Fachtagung Elektroantriebstechnik und Elektroautomatisierungstechnik

Die Sektion Automatisierungstechnik und Elektrotechnik der TU „Otto von Guericke" Magdeburg führt am 26. und 27. April 1990 gemeinsam mit dem Mikroelektronikzentrum des VEB Schwermaschinenbaukombinat „Ernst Thälmann" Magdeburg die o. g. Fachtagung mit internationaler Beteiligung durch. Auf ihr wird ein Überblick über den neuesten Stand und die Entwicklungstendenzen dieses Fachgebietes gegeben.

Die Themenkomplexe der Tagung sind:

- Entwicklung der elektrischen Antriebstechnik im Zeichen der Schlüsseltechnologien
- Einsatz elektrischer Antriebssysteme und Elektroautomatisierungslösungen im Schwermaschinen- und Anlagenbau
- Rechnergestützter Entwurf von Baugliedern für Elektroantriebssysteme
- Einsatz der Drehstromantriebstechnik.

Anfragen sind zu richten an:

TU „Otto von Guericke" Magdeburg
Tagungsbüro
Postschließfach 124
DDR-3010 Magdeburg
Tel.: 59 22 09; Telex: 01 82 14.

Fachtagung „Neue Erkenntnisse der Mikroelektronik/ Mikrorechentechnik"

Am 19. und 20. 9. 1989 veranstaltet der Bezirksverband Halle der KDT in Halle die o. g. Tagung.
Zu den Schwerpunkten gehören:

- Industriecomputer 16 und 32 bit
- Prozessortechnik
- Betriebssysteme
- Grafiksysteme
- Softwaretechnologie.

Anfragen richten Sie bitte an:
KDT BVO Halle, Geschwister-Scholl-Str. 39,
Postfach 119,
Halle, 4060
Bereich W/T
Telefon: 3 71 36; Telex: 0 42 37 kdt hal.

Nachnutzungsunterlagen (MULTICAD/AUTOCAD)

In Zusammenarbeit zwischen dem Kombinat Leuna und dem CAD/CAM-Zentrum des Hochschulwesens für die chemische Industrie an der TH Leuna-Merseburg wurde ein Kompendium zur Anwendung des CAD-Systems (MULTICAD/AUTOCAD) erarbeitet. Es ist maschinenlesbar nachnutzbar.

Interessenten wenden sich an:
Technische Hochschule
„Carl Schorlemmer"
Leuna-Merseburg
Direktorat für Forschung
Dr. G. REINEMANN
Otto-Nuschke-Str.
Merseburg
4200.

Weltweite einheitliche Weitergabe elektrischer Einheiten

Auf Beschluß der Organe der Meterkonvention in Paris wird ab 1. 1. 1990 weltweit eine einheitliche Weitergabe elektrischer Einheiten eingeführt. Dieser Beschluß wurde im Oktober 1988 gefaßt und weist folgende Verbesserungen gegenüber der gegenwärtigen Situation auf:

- Schaffung internationaler Einheitlichkeit der Weitergabe der Einheiten für die elektrische Spannung und den elektrischen Widerstand
- Garantie der zeitlichen Konstanz durch Verwendung von Quantennormalen, die auf physikalischen Effekten in Supra- und Halbleitern, dem Josephson-Effekt und dem von-Klitzing-Effekt (Quanten-Hall-Effekt), beruhen.

Vom Stichtag 1. 1. 1990 an wird bei genauen elektrischen Spannungsmessungen eine einmalige Absenkung der vor dem Stichtag angegebenen Spannungswerte um rund 8 Millionstel zu berücksichtigen sein. Von dieser Änderung werden zahlreiche elektrische und elektronische Meßgeräte, wie Digitalvoltmeter, Kalibratoren und Spannungsnormale, betroffen. Bei elektrischen Widerstandsmessungen beträgt die einmalige Absenkung nur 0,5 Millionstel des Widerstandswertes, so daß diese Korrektur sich nur bei wenigen extrem genauen Kalibrierungen auswirken dürfte.

Neue Bestimmung der Avogadro-Konstante

Die Avogadro-Konstante N_A, früher auch Loschmidt-Zahl genannt, ist eine Fundamentalkonstante der Physik. Sie gibt die Anzahl der Atome an, die in 12 g des Kohlenstoffnuklids ^{12}C enthalten sind.
Von besonderer Bedeutung ist diese Konstante für das Internationale Einheitensystem. Sie stellt die Verbindung zwischen der makroskopischen Masseneinheit kg und der Atomgewichtseinheit des Chemikers dar.
Jetzt gelang in europäischer Zusammenarbeit eine unabhängige Neubestimmung von N_A durch genaue Messung der Dichte, der Isotopenhäufigkeiten und der atomaren Abstände in einem Silizium-Einkristall. Das Ergebnis lautet:

$$N_A = 6{,}022134 \cdot 10^{23}\,.$$

Partner in der Zusammenarbeit waren die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) der BRD (Dichte, atomare Abstände) und das Zentralbüro für Kernmessungen (ZBKM) der Kommission der Europäischen Gemeinschaften in Geel/Belgien (Isotopenhäufigkeiten). Die mehrjährige Zusammenarbeit führte in allen Teilbereichen an die Grenzen der zur Zeit erreichbaren Möglichkeiten moderner Forschungsinstitute.
Der neue Wert für die Avogadro-Konstante ist bis auf die fünfte Stelle nach dem Komma abgesichert. Es ist zu erwarten, daß er anstelle des bisher international empfohlenen Werts für N_A, der bisher auf einer 15 Jahre alten Messung in den USA basiert, treten wird.
Neben der Bedeutung der Avogadro-Konstante für die Bestimmung atomarer Massen zeichnet sich neuerdings auch eine Verbindung zu den elektrischen Einheiten ab, deren genaue Realisierung in zunehmendem Maße von der Kenntnis der Fundamentalkonstanten abhängt. Sollte eine noch genauere Bestimmung der Avogadro-Konstante gelingen, könnte sogar eine Neudefinition der Masseneinheit kg über eine genau festgelegte Anzahl von Atomen in Betracht gezogen werden.

ISSN 0026-0347, mess., steuern, regeln
Berlin 32 (1989) 8, S. 337—384

15936 8 APW 159 549 964
4073 7001 1400 SH AT 11/10

Petri-Netze in der Steuerungstechnik

Von Dr. rer. nat. Rainer König und Dr.-Ing. Lothar Quäck. 199 Seiten, 226 Bilder, 10 Tafeln, Leinen, DDR 28,— M, Ausland 36,— DM. Bestellangaben: 553 924 5/König, Petri-Netze
Die Autoren führen in anschaulicher Weise in das Netzkonzept ein, wobei Fragen des Entwurfs binärer Steuerungen im Vordergrund stehen. Methodisch wird dabei von den Erfahrungen des Praktikers ausgegangen, die netztheoretischen Aussagen werden aus praxisnahen Beispielen hergeleitet.

Diskrete Optimierungsmodelle

Effektive Algorithmen und näherungsweise Lösung
Von Prof. Dr. sc. nat. Knut Richter, Dr. rer. nat. Peter Bachmann und Dr. rer. nat. Stephan Dempe. 188 Seiten, 41 Bilder, 12 Tafeln, Kunstleder, DDR 26,— M, Ausland 36,— DM. Bestellangaben: 553 902 6/Richter, Optimierung
Gegeben werden anwendungsreife / effektive Algorithmen für so wichtige Belange, wie die optimale Aufteilung der Jahresproduktion auf Monate unter Berücksichtigung des schwankenden Bedarfs, die optimale „Echtzeit"-Steuerung integrierter Fertigungsabschnitte und den optimalen Einsatz von Robotern.

Experimentelle Meßtechnik im Maschinen- und Stahlbau

Von Dipl.-Ing. Karlheinz Schulze. 324 Seiten, 344 Bilder, 35 Tafeln, Leinen, DDR 33,— M, Ausland 46,— DM. Bestellangaben: 553 750 6/Schulze, Meßtechnik
Langjährige Erfahrungen aus dem Einsatz vielfältiger Verfahren der experimentellen Meßtechnik bilden die Grundlage zu diesem Handbuch. Beispiele aus den verschiedenen Meßaufgaben im Maschinen- und Stahlbau sollen bei der Lösung anstehender Probleme helfen. Sie sind auch für andere Gebiete der Wissenschaft und Technik von entscheidender Bedeutung.

Auslieferung durch den Fachbuchhandel

Erstauflagen

Kürzlich erschienen

Rauschen als Information

Von Dr.-Ing. Wolfgang Denda. Reihe Informationselektronik. 188 Seiten, 118 Bilder, Broschur, DDR 19,— M, Ausland 24,— DM. Bestellangaben: 553 908 5/Denda, Rauschen
Für Fachleute, die sich mit Problemen des Rauschens, mit der Prüfung und mit der Zuverlässigkeit von elektronischen Bauelementen und Geräten beschäftigen.

Rechnergestützte Qualitätssicherung

Von Prof. Dr.-Ing. habil. Dietrich Hofmann. 288 Seiten, 124 Tafeln, Leinen, DDR 30,— M, Ausland 40,— DM. Bestellangaben: 553 744 2/Hofmann, Qualitätssicherung
Fach- und Handbuch für Ingenieure aller Industriezweige zum Einarbeiten in die Grundlagen und praktischen Anwendungen der rechnergestützten Qualitätssicherung CAQ.

Fertigung integrierter Schaltungen

Von Prof. Dr. sc. techn. Klaus Schade, Dr. rer. nat. Roland Köhler und Prof. Dr. sc. techn. Dietrich Theß. 236 Seiten, 116 Bilder, 53 Tafeln, Broschur, DDR 24,— M, Ausland 32,— DM. Bestellangaben: 553 910 6/Schade, Schaltungen
Das Fachbuch behandelt den Fertigungsprozeß mikroelektronischer Schaltungen für einen Leserkreis, der über keine Vorkenntnisse auf diesem Gebiet verfügt. Dabei geht es vor allem um die Erläuterung wichtiger Begriffe und Verfahren sowie um eine praxisbezogene Darstellung der Prozeßschrittfolgen zur Herstellung mikroelektronischer Bauelemente.

Lichtwellenleitertechnik

Von Prof. Dr. sc. techn. Erhard Grimm und Prof. Dr.-Ing. habil. Walter Nowack. 328 Seiten, 332 Bilder, 24 Tafeln, Leinen, DDR 32,— M, Ausland 46,— DM. Bestellangaben: 553 736 2/Grimm, Lichtwellen
Als Lehrbuch konzipiert. Neben den Grundlagen und den Berechnungsverfahren für Lichtwellenleiter werden die optoelektronischen Wandler (Strahlungsquellen und -empfänger) behandelt. Weiterhin sind Fragen der Systemgestaltung und die Meßtechnik Gegenstand des Buches.

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN